



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Educação Física**

**Proposta Preventiva para Lesões no Manguito Rotador de Nadadores**

**Gilberto Leandro Busso**

**Campinas – 2003**



**Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Educação Física**

**Proposta Preventiva para Lesões no Manguito Rotador de Nadadores**

**Monografia apresentada à Faculdade de  
Educação Física da Unicamp como exigência  
parcial de conclusão do curso de graduação.**

**Orientador Prof. Dr. Orival Andries Júnior**

**Campinas – 2003**

*Dedico este trabalho à minha mãe Maria, ao meu pai  
Antônio, ao meu irmão Thiago sem os quais nada disso  
teria acontecido.*

*Agradeço a Deus todos os dias por ter me*

*concedido o dom da vida.*

*Gostaria de agradecer a todos da Faculdade de*

*Educação Física da Unicamp em especial ao*

*professor Orival pela orientação e amizade; aos*

*professores Miguel, Cesinha, Robertão, Marcy,*

*Sérgio, Elaine, Linda, Elizabeth, Zacarias,*

*Hélio, Francisco, Teka, pela amizade, confiança*

*e credibilidade; e aos alunos da turma 99*

*noturno: Adriana, Aletha, Alexandre (Ponte),*

*Andréa, Andréa (Simone),*

*Caió, Carlinhos, Carol, Cássia, Chan, Cíntia, Cláudio*

*(Crau), Daniel (69), Daniel (Bodão), Daniel (Zeitune),*

*Daniele (Dani), Eduardo (Tião), Eduardo (Uhle),*

*Fábio (Carioba), Fábio (Si), Giovanna, Jefferson (Jé),*

*Júlio, Karina (Setsuko), Leandro (Ponte), Leandro (Si),*

*Luana, Lucas, Luiza, Márcia (Nü), Márcia*

*(Pielluche), Márcio (Vêi), Marcos (Pira), Mariinho*

*(Patrão), Natália (bibliografia), Rachel, Rafael*

*(Miúdo), Serginho, Tamara, Thiago (Thiagão), Thiago*

*(Z), Vivian, os quais proporcionaram agradáveis*

*convívio e amizade.*

*Muito obrigado!*

Gostaria de agradecer a todos que fizeram e ainda fazem parte do meu convívio: Pri (minha namorada e companheira!), Ná, Vá, Dri, João, João Gustavo, Ana Beatriz, Érika, Fátima, Kiko, Rô, Mateus, Felipe, Vó, Luca, Celena, Jéssica, Zé, Zé Luis, Juliana, Fabricio, Terezinha, Tadeu, Márcia, Bruna, Carol, Chico, Márcia, Yuri, Gabi, Tonhão, Sônia, Rodrigo, Rogério, Franscielle, Ivo, Gras, Rafael, Inaiara, Cidinha, Carlm, Laura, Wendel, Shirlei, Charles, Maria, Adelaide, Arlindo, Itália, Ambrózio, Maura e filhos, Tio Chico, Tia Izabel, Júlio, Izabel, Li, Césinha, Paulinho e família, André, Marina e Thiago 'Palfacitos Revolution', Noemi, Alan, Faisca, Andreza, Pâmela, Fausto, João "Sampras", Carol "Street", Dú, "Tia" Michele, ao trio Dafne, Bruna e Lú, Léo, Marquinho, Juninho, Fran,

Henrique "the cloner", Henrique, Lú, Raquel, Raquel "Bugrina Sofredora", Gabe, Michele, Márcia, Luíza, Lúvia da fef, Camila, Márcia "oriental preferida", Marcão "Tubaina", Bip, Wisen, Maurício, Alcídio, Jota e família, Marcão "careca", Rick, Manja, Diogo, André, Fabão "patrão", Márcia Farckoup, Pati, Cris Geo e Nedlee, Cris Enf, Blau, Helen, Roseni, Alessandra (cpqd), Marsura, Tânia, Hélio Solha, Francisco Rossi, Teca, Maria Lúcia, Linda, Carol SP, Sheila, Rô e todos do IASP, Cintia, Ana 'Buchechinha', Malú, Valéria, Ifane, Alfeo, Ângela, Cláudio e Vó, Mauro, Pop, Juliano, Guima, Papalêu, João Ricardo, Renato e Sérgio, Renato "the head", Júlia, Zé e Lú, Lurdinha, Geraldinho, Beeroth, Geraldo, Gonzaga, Marli, Mazé, Tião, Paulinho e Zé, Marcelo, Rita, Tias do Bandex, Clone, Gordo, Xuxa, Ribeiro, Fer, Snakepit, Angélica, e a todos que de alguma forma fizeram com que tudo isso acontecesse!

*In Memoriam*

*Esta página reporta-se à lembrança daqueles  
que compartilharam um pouco de suas vidas  
comigo e com muita gente querida: Zezé, Lobo  
'the friend', Cadel, Tio Dito, Tia Neuza, Tio  
Chico, Paulinho 'D 13' e Tia Itália.*

*Voces deixaram saudades!*

*“O esporte é saúde e vida quando praticado em ambiente saudável e prazeroso no qual as relações das pessoas envolvidas sejam construtivas e amigáveis. Caso contrário, o esporte é destrutivo, não resgata a vida dentro de cada um de nós e não a põe para fora para ser compartilhada com os outros, não proporciona o que as pessoas podem ter de melhor: saúde e vida”.*

*Gilberto Leandro Busso*

## **RESUMO**

Lesões afetam desportistas de modalidades organizadas e recreativas. O problema está nos milhões que sofrem lesões que poderiam ter sido prevenidas e que desenvolvem condições crônicas sérias cuja solução torna-se clínica. Na natação, por exemplo, o ombro é intensamente requisitado. O presente estudo teve como objetivo propor meios de prevenção de lesões no manguito rotador através de exercícios de flexibilidade e fortalecimento muscular, bem como a prática de alongamento e propriocepção. A metodologia do trabalho realizou-se através da pesquisa bibliográfica buscando autores e bases teóricas a respeito da modalidade, da prevenção de lesões no ombro e os mecanismos envolvidos, (...), aspectos importantes para propor meios preventivos para lesões no manguito rotador de nadadores.

**Palavras-chave:** Prevenção; Lesão; Manguito Rotador; Nadador.

## **ABSTRACT**

Injuries often affect those who participate in organized and recreational sports. The problem is that millions who practice sports suffer injuries which could have been prevented and these often develop into chronic conditions requiring clinical treatment. In swimming for example, the shoulder undergoes a lot of stress. The present paper was designed to propose ways to prevent injuries of the rotator cuff including exercises to increase flexibility and strengthen the muscles, as well as the practice of elongation and proprioception. The study includes a review of the literature about swimming and the mechanisms involving the functioning of the shoulder muscles, as well as the prevention of the shoulder injuries, (...), an understanding of these is for the prevention of rotator cuff injuries in swimmers.

Key-words: Prevention; Injury; Rotator Cuff; Swimmers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

01 – “A Arte de Nadar”, ilustração descoberta no deserto da Líbia.....	21
02 – Banheira de Mármore no Santuário de Esculápio em Atenas.....	22
03 – Evolution of the Shoulder.....	25
04 – Constituição de um Osso Longo.....	28
05 – Clavícula. Vistas superior e inferior.....	29
06 – Escápula. Vistas posterior e anterior respectivamente.....	30
07 – Úmero. Vistas anterior e posterior respectivamente.....	31
08 – Aparelho Locomotor Passivo. Articulações.....	33
09 – Cartilagem Articular.....	35
10 – Cápsula Sinovial Glenoumeral.....	36
11 – Articulação do Complexo do Ombro. Lado direito.....	38
12 – Articulação Esternoclavicular. Articulação direita.....	39
13 – Bursa Subacromial.....	40
14 – Tecido Conjuntivo Relacionado a um Músculo Esquelético.....	41
15 – Miofibrilas Compondo a Fibra Muscular.....	42
16 – Músculo Estriado Esquelético.....	42
17 – Estrutura e Posição dos Filamentos Finos e Grossos do Sarcômero.....	44
18 – Tipos de Disposição das Fibras Musculares.....	45
19 – Amplitude de Movimento na Articulação do Complexo do Ombro.....	45
20 – Combinação de Movimentos da Cintura Escapular.....	46
21 – Inserção dos Músculos do Manguito Rotador no Úmero.....	47
22 – Potenciais de Ação em Sinapses: excitatória e inibitória.....	49
23 – Representação Esquemática de um Neurônio Motor.....	50
24 – Sinapse Elétrica.....	51
25 – Sinapse Química Interneuronal Axodendrítica.....	52
26 – Representação Esquemática de um Nervo Misto.....	55
27 – Estruturas Envolvendo o Fuso Neuromuscular.....	57
28 – Resposta Reflexiva de Estiramento.....	58
29 – A Alça Gama.....	59

30 – O Órgão Tendinoso de Golgi.....	60
31 – Receptores Sensoriais.....	61
32 – Plexo Braquial.....	62
33 – Nervos do Membro Superior.....	63
34 – Dermátomos do Membro Superior.....	64
35 – Artérias do Membro Superior, Vista anterior.....	66
36 – Artéria Axilar e seus Ramos.....	66
37 – Veias do Membro Superior, Vista anterior.....	67
38 – Ligamentos Acromioclaviculares e Coracoclaviculares.....	71
39 – Movimento de Rotação da Clavícula em relação à Amplitude Escapuloumeral.....	72
40 – Ação dos Ligamentos Coracoclaviculares na Articulação Acromioclavicular.....	72
41 – Estruturas Estabilizadoras da Articulação Esternoclavicular.....	74
42 – Movimentos de Elevação e Depressão da Escápula.....	76
43 – Movimento de Rotação para cima e para baixo da Escápula.....	77
44 – Ritmo Escapuloumeral.....	78
45 – Parte Proximal do Úmero.....	81
46 – Vetores.....	83
47 – Cápsula Anterior, Ligamentos Glenomerais e Forâmen de Weitbrecht.....	85
48 – Lábio Glenoidal e Cavidade Glenóide.....	86
49 – Estabilizadores Ativos ou Dinâmicos.....	87
50 – O Equilíbrio Articular Glenoumeral.....	88
51 – Tendão da Cabeça Longa do Bíceps e a Cápsula Articular.....	89
52 – Deslizamento.....	90
53 – Graus de Tensão no Tendão da Cabeça Longa.....	90
54 – Forças de Ação.....	91
55 – Manguito Rotador.....	92
56 – Estabilizador Sinergista.....	93
57 – A Articulação Supra-umeral.....	94
58 – Estruturas da Articulação Supra-umeral em Posição Abduzida.....	94
59 – Turbulência.....	98
60 – Efeitos do Espaço Ocupado pelos Nadadores na Água sobre o Arrasto.....	99

61 – Alinhamentos Horizontal e Lateral dos Nados Costas e Borboleta Respectivamente.....	101
62 – Arrasto de Onda nos Nados de Costas e Borboleta Respectivamente.....	101
63 – O Arrasto Friccional.....	102
64 – A Teoria do Arrasto Propulsivo.....	103
65 – A Teoria do Movimento Sinuoso para Trás.....	104
66 – Padrão de Braçadas do Nado Crawl.....	104
67 – O Princípio de Bernoulli.....	106
68 – Movimentos Diagonais na Braçada do Nado Crawl.....	106
69 – Ângulo de Ataque, Sustentação e Arrasto.....	107
70 – O Nado Crawl: Puxada e Recuperação.....	108
71 – Braçadas do Nado Crawl.....	111
72 – Braçadas do Nado Costas.....	112
73 – Braçadas do Nado Borboleta.....	113
74 – A Primeira Varredura para Cima.....	118
75 – A Presença de Lesões no Mundo Antigo.....	121
76 – Análises do Movimento na Natação.....	124
77 – Teste de VO <sub>2</sub> máx.....	128
78 – Teoria da Adaptação Geral de Selye Aplicada aos Nadadores.....	129
79 – Alongamento para Rotadores Internos.....	147
80 – Alongamento para Rotadores Externos.....	147
81 – Alongamento para Rotadores Internos e Externos.....	148
82 – Alongamento para Rotadores Internos e Externos II.....	148
83 – Alongamento para Subescapular.....	149
84 – Alongamento para o Infra-espinhal.....	150
85 – Retração escapular.....	154
86 – Exercícios Controlados com Resistência Leve.....	154
87 – Exercícios de Estabilização Escapular e Glenoumeral em Cadeia Cinética Fechada.....	155
88 – Exercício de Descarga de Peso.....	155
89 – O Exercício do Navio.....	158
90 – Variações de Exercícios.....	158
91 – Túnel de Fluxo.....	159

92 – Pressão com as Pontas dos Dedos.....	160
93 – Sensibilização Simultânea para as Pressões Transitória e Estática.....	160
94 – Exercício para Subescapular.....	168
95 – Exercício para Redondo Menor e Infra-Espinal.....	169
96 – Exercício para Supra-Espinal.....	169

## LISTA DE TABELAS

01 – Graus Gerais de Força Relativa em Articulações Seleccionadas.....	33
02 – Classificação das Fibras Nervosas.....	54
03 – Músculos, Nervos e Raízes.....	63
04 – Sintomas do Supertreinamento.....	127
05 – Consumo Energético na Prática de Esportes.....	130
06 – Ações dos Músculos ao Nadar.....	167
07 – Cronograma.....	182

## SUMÁRIO

FOLHA DE APROVAÇÃO.....	iii
DEDICATÓRIA.....	iv
AGADECIMENTOS.....	v
IN MEMORIAN.....	vii
EPÍGRAFE.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Objetivo.....	23
1.2 Justificativa.....	23
1.3 Metodologia.....	23
2 REVISÃO ANATÔMICA DO COMPLEXO DO OMBRO.....	25
2.1 Tecido Ósseo.....	26
2.1.1 Ossos do Complexo do Ombro.....	28
2.1.1.1 Clavícula.....	28
2.1.1.2 Escápula.....	29
2.1.1.3 Úmero.....	30
2.2 Tecidos Moles.....	32
2.2.1 Articulação Sinovial.....	32
2.2.1.1 Cartilagem Articular.....	34
2.2.1.2 Cápsula Articular.....	35
2.2.1.3 Membrana e Líquido Sinovial.....	36
2.2.2 Ligamentos.....	37
2.2.2.1 Ligamentos do Complexo do Ombro.....	37
2.2.3 Bursas do Complexo do Ombro.....	39

2.2.4 Tecido Muscular.....	40
2.2.4.1 Músculos do Complexo do Ombro.....	45
2.2.4.1.1 O Manguito Rotador.....	46
2.2.5 Tecido Nervoso.....	47
2.2.5.1 O Neurônio.....	48
2.2.5.2 O Dendrito.....	49
2.2.5.3 O Axônio.....	50
2.2.5.4 As Sinapses.....	51
2.2.5.5 A Neurógli.....	53
2.2.5.6 Os Nervos.....	54
2.2.5.7 Aspectos do Controle Neuromuscular.....	55
2.2.5.7.1 O Fuso Neuromuscular.....	56
2.2.5.7.2 O Órgão Tendinoso de Golgi.....	60
2.2.5.8 O Plexo Braquial.....	62
2.2.5.8.1 Nervos do Membro Superior.....	62
2.2.5.9 Vascularização.....	64
2.2.5.9.1 O Sangue.....	64
2.2.5.9.2 Artérias do Complexo do Ombro.....	65
2.2.5.9.3 Veias do Complexo do Ombro.....	66
<b>3 ARTICULAÇÕES DO COMPLEXO DO OMBRO.....</b>	<b>69</b>
3.1 Articulação Diartrodial.....	69
3.2 Articulação Acromioclavicular.....	70
3.3 Articulação Esternoclavicular.....	73
3.4 Articulação Escápulotorácica.....	75
3.4.1 Ritmo Escapuloumeral.....	77
3.5 Articulação Glenoumeral.....	79
3.5.1 Mecanismos Estabilizadores da Articulação Glenoumeral.....	82
3.5.1.1 Estabilizadores Passivos ou Estáticos.....	83
3.5.1.1.1 Cápsula Articular.....	83
3.5.1.1.2 Ligamentos.....	84

3.5.1.1.3	Lábio Glenoidal.....	86
3.5.1.1.4	Líquido Sinovial.....	86
3.5.1.2	Estabilizadores Ativos ou Dinâmicos.....	87
3.5.1.2.1	Tendão da Cabeça Longa: Bíceps Braquial.....	88
3.5.1.2.2	O Músculo Deltóide.....	91
3.5.1.2.3	O Manguito Rotador.....	92
3.6	Articulação Supra-umeral.....	93
4 A	NATAÇÃO.....	96
4.1	Princípios Mecânicos da Nataação.....	97
4.1.1	Características do Fluxo da Água.....	97
4.1.2	Características dos Nadadores que Afetam o Arrasto.....	98
4.1.3	O Arrasto.....	100
4.1.3.1	O Arrasto de Forma.....	100
4.1.3.2	O Arrasto de Onda.....	101
4.1.3.3	O Arrasto Friccional.....	101
4.1.4	A Propulsão.....	102
4.1.5	A Sustentação.....	105
4.1.6	A Velocidade.....	107
4.2	Técnicas dos Nados.....	109
4.2.1	A Técnica do Nado Crawl.....	110
4.2.2	A Técnica do Nado Costas.....	112
4.2.3	A Técnica do Nado Borboleta.....	113
4.2.4	Erros Comuns de Técnicas de Nado.....	114
4.2.4.1	O Nado Crawl.....	114
4.2.4.1.1	Erros de Recuperação e Entrada.....	114
4.2.4.1.2	Erros de Varredura para Baixo.....	114
4.2.4.1.3	Erros de Varredura para Dentro.....	115
4.2.4.1.4	Erros de Varredura para Cima.....	115
4.2.4.1.5	Erros de Respiração.....	115
4.2.4.1.6	Sobrecarga Articular no Nado Crawl.....	115

4.2.4.2 O Nado Costas.....	117
4.2.4.2.1 Erros da Primeira Varredura para Baixo.....	117
4.2.4.2.2 Erros da Segunda Varredura para Baixo.....	117
4.2.4.2.3 Erros da Primeira Varredura para Cima.....	117
4.2.4.2.4 Erros da Segunda Varredura para Cima.....	118
4.2.4.2.5 Erros de Liberação, Recuperação e Entrada.....	119
4.2.4.2.6 Erros de Posição do Corpo.....	119
4.2.4.3 O Nado Borboleta.....	119
4.2.4.3.1 Erros de Varreduras: para Fora e Dentro.....	119
4.2.4.3.2 Erros de Varredura para Cima.....	120
4.2.4.3.3 Erros de Recuperação e Entrada.....	120
4.2.4.3.4 Erros de Respiração.....	120
5 A LESÃO.....	121
5.1 Possíveis Causas de Lesões na Natação.....	122
5.1.1 A Frouxidão Ligamentosa e a Biomecânica.....	122
5.1.2 O Uso Repetitivo (overuse).....	124
5.1.3 O Supertreinamento (overtraining).....	125
5.1.4 Aspectos Fisiológicos, Psicológicos e Nutricionais.....	129
5.1.5 Desvios Posturais.....	131
5.2 Possíveis Lesões na Articulação Glenoumeral na Natação.....	131
5.2.1 Subluxação Anterior da Articulação Glenoumeral.....	132
5.2.1.1 Mecanismos da Subluxação Anterior.....	132
5.2.2 Luxação Anterior da Articulação Glenoumeral.....	133
5.2.2.1 Mecanismos da Luxação Anterior.....	133
5.2.3 Lesão do Manguito Rotador.....	134
5.2.3.1 Mecanismos da Lesão do Manguito Rotador.....	134
5.2.4 Outras Lesões.....	135
5.3 Papéis Essenciais ao Profissional de Educação Física.....	135
6 PROPOSTA PREVENTIVA PARA LESÕES NO MANGUITO ROTADOR DE	

NADADORES.....	139
6.1 A Flexibilidade e o Alongamento.....	139
6.1.1 O Alongamento Balístico.....	142
6.1.2 O Alongamento Estático.....	143
6.1.3 Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP).....	144
6.1.4 A Flexibilidade na Natação.....	146
6.1.5 Proposta de Exercícios de Alongamento.....	146
6.1.5.1 Rotadores Internos e Externos.....	147
6.2 A Propriocepção.....	150
6.2.1 Os Proprioceptores.....	152
6.2.1.1 Via de Propriocepção Consciente.....	152
6.2.1.2 Via de Propriocepção Inconsciente.....	153
6.2.2 Proposta de Exercícios de Propriocepção Fora da Água.....	153
6.2.3 A Propriocepção na Natação.....	156
6.2.4 Proposta de Exercícios de Propriocepção Dentro da Água.....	158
6.3 O Fortalecimento.....	160
6.3.1 O Treinamento de Força.....	162
6.3.2 O Fortalecimento na Natação.....	166
6.3.3 Proposta de Exercícios de Fortalecimento.....	168
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	171
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	174
ANEXOS.....	182

## 1 INTRODUÇÃO

A natação é, segundo Ferreira (1986:961): “ação, exercício, arte ou esporte de nadar, (...), sustentar-se e mover-se pela água por impulso próprio”, e ainda: “conservar-se sobre a água, flutuar, boiar, sobrenadar, (...), saber os preceitos e a prática da natação”.

A interação do homem com a água é antiga. Pinturas, murais, baixos-relevos, vasos ou fragmentos de vasos pintados, de estatuetas, mosaicos e toda literatura relatando as façanhas dos nadadores atestam a importância desta arte na vida dos homens.

A “Arte de Nadar”, como é conhecida atualmente, é a mais antiga ilustração descoberta em uma das cavernas das grutas do deserto da Líbia. Arqueólogos calculam que ela remonta a 9000 anos antes de nossa era.



*Figura 01 – “A Arte de Nadar”, ilustração descoberta no deserto da Líbia.  
Fonte: Catteau e Garoff, 1990:20.*

Desde as primeiras civilizações, os humanos utilizam-se da água para atingir vários objetivos. Nas primitivas culturas gregas, romanas, indianas e chinesas, enfermos eram curados

através do uso das fontes, dos banhos e piscinas cujas águas, acreditavam eles, possuíam propriedades sedativas e curativas, além de desempenharem importantes papéis de renovação: individual, social e espiritual. Há registros de escavações que relatam a existência de piscinas aquecidas na Índia há 5000 anos.



*Figura 02 – Banheira de mármore no Santuário de Esculápio em Atenas.  
Fonte: Becker e Cole, 2000:03.*

Nos baixos-relevos da Assíria, os soldados cruzavam o Eufrates com uma espécie de ‘braçada clássica’ para possíveis objetivos bélicos, “a presença de nadadores nos exércitos primitivos sempre aumentou consideravelmente o poder ofensivo” (Catteau e Garoff, 1990:22).

No ímpeto competitivo presente e importante em muitas sociedades primitivas como no Egito há 3000 anos, cujos documentos relatam a existência de professores de natação para filhos de nobres e reis; nas provas de natação dos Jogos Ístmicos, para homenagear Possêidon, o deus dos mares, na Grécia antiga. “Para segurança fugindo de animais selvagens e para a sobrevivência na busca de alimentos” (Araújo Junior, 1993:15).

O desporto em si desenvolveu-se durante certo tempo como um meio relativamente pacífico de competir. Atualmente, a participação nos desportos organizados e recreativos coloca o atleta e o praticante em situações nas quais torna-se provável a ocorrência de lesões, devido ao alto grau de requisição das estruturas do corpo humano envolvidas na prática desses desportos.

A natação é a modalidade desportiva em que o complexo do ombro é requisitado mais intensamente, tanto pelos arcos de movimentos como pela repetição desses movimentos. Tais fatos explicam porque é tão freqüente o surgimento de dor e lesões no ombro do nadador.

O complexo do ombro possui os maiores arcos de movimento do corpo humano devido à sua estrutura anatômica e este alto grau de mobilidade é diretamente proporcional à instabilidade do complexo. Há diversas estruturas envolvidas na estabilidade do complexo do ombro: cápsula articular, estruturas ósseas e seus respectivos ligamentos, músculos e tendões.

Possíveis lesões envolvendo o complexo do ombro dos nadadores ocorrem na articulação glenoumeral e são denominadas lacerações do manguito rotador acarretando em subluxações anteriores. As instabilidades do complexo podem ser atribuídas às causas: 'a' - traumáticas (macrotraumáticas), 'b'- atraumáticas, 'c'- microtraumáticas (uso repetitivo), 'd'- congênitas e 'e'- neuromusculares. Nos caso dos nadadores, as principais causas são 'b', 'c' e 'd'.

Estudos recentes demonstram que para manter a integridade e prevenir lesões no complexo do ombro nos nadadores, procura-se fortalecer a musculatura estabilizadora progressivamente, bem como trabalhar a flexibilidade e a propriocepção das principais estruturas envolvidas de forma a suportar o crescente estresse imposto pelo treinamento desportivo.

### **1.1 Objetivo**

O presente estudo tem como objetivo propor meios de prevenção contra lesão no manguito rotador do complexo do ombro de praticantes da natação através de exercícios de flexibilidade e fortalecimento, bem como a prática de alongamento e propriocepção.

### **1.2 Justificativa**

“Atletas de todos os tipos de esportes, amadores e profissionais que praticam suas modalidades em período de um ano ou mais, apresentam probabilidades de sofrer algum tipo de lesão” (Arnheim e Prentice, 2002:44). Os autores definem a lesão como prejuízo para o corpo que limita a atividade ou provoca incapacidade inviabilizando a prática da modalidade escolhida. Eles prosseguem afirmando e fornecendo-nos um pensamento relevante de que o maior problema está nos milhões inseridos na prática desportiva e que sofrem lesões ou enfermidades que poderiam ter sido prevenidas e que, subsequente e como consequência, desenvolvem condições crônicas mais sérias cuja solução toma-se clínica.

### **1.3 Metodologia**

Através da pesquisa bibliográfica, na qual abrangerá a bibliografia publicada em relação ao tema de estudo: livros, revistas, monografias, teses, publicações avulsas, (...), entraremos em

contato aprofundado com o objeto de estudo englobado com intuito de conhecer, definir, propor meios preventivos e explorar o problema de lesão na articulação glenoumeral do complexo do ombro do nadador. Para Lakatos e Marconi (1991:183), “a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

“A bibliografia pertinente oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas nas quais os problemas ainda não se cristalizaram suficientemente” (Manzo, 1971:32).

“As monografias dedicadas ao exame profundo de um tema ou problema, representam a contribuição máxima à literatura sobre determinado ramo do saber humano” (Litton, 1975:05).

Salvador (1986:167) descreve-nos que “o trabalho monográfico caracteriza-se mais pela unicidade e delimitação do tema e pela profundidade do tratamento do que por sua eventual extensão, generalidade ou valor didático”.

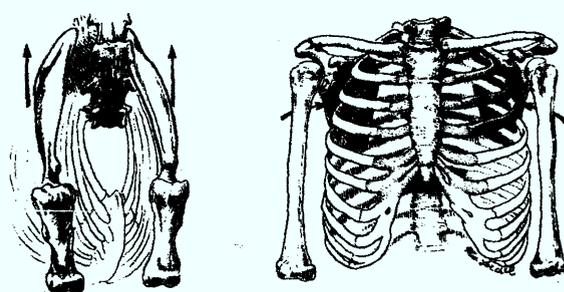
“Reduzindo a abordagem a um único assunto, a um único problema, com tratamento especificado” (Salomon, 1978:219), espera-se entender, analisar e resolver a problemática em questão e caracterizar este trabalho como monográfico, “na razão direta de tratamento estruturado de um tema delimitado” (Severino, 2000:128) e “constituindo a concretização do domínio do tema tratado” (Asti Vera, 1983:163).

Para tal, é importante, em um primeiro momento, realizar estudo aprofundado, através da pesquisa bibliográfica, das estruturas do complexo do ombro (anatomia,...) e em momentos posteriores, da natação competitiva (biomecânica de nado e aspectos de treinamento), bem como dos fatores responsáveis pelas lesões dessa magnitude nos nadadores e seus respectivos meios de prevenção.

## 2 REVISÃO ANATÔMICA DO COMPLEXO DO OMBRO

Desde que o homem assumiu a postura bípede, a extremidade superior tornou-se funcionalmente diferente para o movimento das mãos no espaço, para vasculhar, para atividades produtivas, para arremessos de objetos em manobras ofensivas e defensivas, atividades bélicas, (...), e atividades desportivas – “método civilizado de mostrar a superioridade física” (Ciullo, 1996:03).

Codman (1934:05) afirma a “constatação de que o ombro não foi designado para funções, atividades e movimentos acima da cabeça”. As mudanças evolutivas em conjunto com a postura bípede proporcionaram ao complexo do ombro maior liberdade para o movimento acima da cabeça e as relações entre as estruturas do membro superior foram alteradas radicalmente.



*Figura 03 – Evolution of the Shoulder. A dimensão ântero-posterior estreita do tórax com a rotação posterior da escápula. O membro anterior tornou-se superior; assim, a articulação glenoumeral mudou de dobradiça para uma que permitisse circumdução.*

*Fonte: Ciullo, 1996: 04.*

Para Fenlin (1975:565), a articulação glenoumeral, a principal do complexo do ombro, “tem congruência sacrificada para servir à mobilidade necessária para a mão, (...), é um arranjo

mal-feito, de um modo geral, suscetível tanto a mudanças degenerativas quanto ao desarranjo”. Para Cailliet (2000:30) a fossa ou cavidade glenóide “é a parte rasa de uma articulação incongruente e, portanto, não serve para assentar a cabeça articular do úmero”.

O complexo do ombro, como o nome implica, é uma região do corpo extremamente complicada. Esta estrutura “é a única, dentre muitas articulações do corpo humano, que sacrifica estabilidade para suprir mobilidade” (Ciullo, 1996:03), portanto, o complexo do ombro é altamente suscetível às lesões, pois muitas atividades desportivas, em particular aquelas que envolvem movimentos repetitivos realizados acima da cabeça, como a natação, impõem altíssimo estresse às estruturas do manguito rotador.

No movimento dinâmico, assim como na estabilização do complexo do ombro, é requisito fundamental a função integrada: da articulação glenoumeral, das articulações escapulotorácica, acromioclavicular, esternoclavicular, bem como dos músculos envolvidos na movimentação destas estruturas e músculos do manguito rotador.

No estudo de uma articulação específica torna-se indispensável revisar e compreender as estruturas anatômicas, bem como a histologia dos tecidos envolvidos e os mecanismos capazes de provocar perda de função na referida articulação.

## 2.1 Tecido Ósseo

Muitos tecidos diferentes constituem a estrutura do sistema elementar. Esses tecidos, conhecidos como tecido conjuntivo, compreendem-se por células, como por exemplo os osteoblastos (*osteon* = unidade estrutural básica do osso e *blastos* = germe) denominados por séries de camadas concêntricas de matriz mineralizada cercando um canal central contendo vasos sanguíneos e nervos realizando funções necessárias para manutenção do tecido; e material intercelular formando a matriz em que as células vivem. Deste material inclui proteínas de colágeno, elastina e do retículo e determina as características físicas do tecido, localiza-se mergulhado no fluido tissular – “relativo a tecido” (Paciomik, 1985:513).

Tecido ósseo é uma “variedade de tecido conjuntivo especializado em constante modificação, composto de células, de uma substância intercelular densa e de numerosos vasos sanguíneos” (Souza, 1982:200). O osso é um tecido vivo que consiste de uma matriz protéica (composta principalmente de fibras osteocolagenosas) sobre a qual são depositados sais de cálcio

(especialmente fosfato). Enoka (2000:119) descreve que esses minerais “dão ao osso sua consistência sólida: a água representa 20% do peso líquido do osso; a matriz protéica representa 35% e os sais ósseos representam 45%”.

Para Junqueira e Carneiro (1999:111), o tecido ósseo é “o principal componente do esqueleto, é um tipo de especializado de tecido conjuntivo que tem suas células e todo o material extracelular calcificados”, trata-se da matriz óssea.

Diante de um estudo referente a vários autores, é possível dizer que as células que formam este tecido são: os *osteoclastos*, células multinucleadas, gigantes e móveis tendo função de reabsorver tecido ósseo, moldando o osso; os *osteoblastos*, células que sintetizam colágeno tipo I, proteoglicanas e glicoproteínas adesivas (parte orgânica da matriz óssea); e os *osteócitos*, células do interior da matriz óssea, responsáveis pela manutenção desta. Na matriz óssea existem canalículos que permitem a nutrição dos osteócitos através dos capilares sanguíneos.

“Todos os ossos são revestidos em suas superfícies externas e internas por membranas conjuntivas que possuem células osteogênicas, são, respectivamente, o periósteo e o endósteo” (Junqueira e Carneiro, 1999:111). Essas membranas são responsáveis pela nutrição e fornecimento de novos osteoblastos para crescimento e recuperação do tecido ósseo osso.

Quanto da classificação, Dângelo e Fattini (2000:18) distinguem: *longos* (por exemplo, o úmero), *curtos* (por exemplo, os ossos do carpo), *laminares* ou *planos* (por exemplo, a escápula), *irregulares* (por exemplo, as vértebras), *pneumáticos* (por exemplo, o maxilar) ou ainda *sesamóides* (por exemplo, a patela). A composição das extremidades dos ossos longos, regiões denominadas epífise, existe tecido esponjoso que se compõe de cavidades comunicantes, formando conjuntos de colunas e trabéculas (pequenas traves) ósseas dispostas de maneira irregular, formando um emaranhado. Revestindo este tipo de tecido, há uma camada compacta de tecido ósseo que não possui cavidades visíveis, mas lembra um tubo existindo em seu interior um canal denominado medular por conter medula óssea. A diáfise (corpo do osso) é quase que totalmente compacta, podendo ser chamada de osso cortical. Já nos ossos chatos ou laminares, há duas camadas de osso compacto e entre elas o osso esponjoso. O osso desempenha várias funções essenciais para a produção de movimento. Enoka (2000:119) descreve que o osso “fornece suporte mecânico, sendo a estrutura central de cada segmento do corpo fornecendo origem e inserção aos músculos e funcionando como alavancas, (...), produz hemácias, reserva íons ativos para cálcio e fósforo”. Há funções ósseas não relacionadas ao movimento humano como

“proteção de órgãos, armazenamento e formação de células sanguíneas” (Hamill e Knutzen, 1999:35).

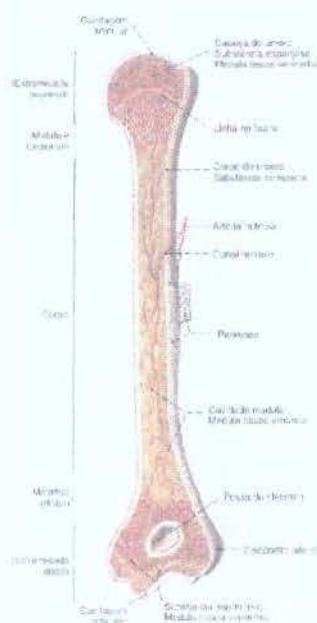


Figura 04 – Constituição de um osso longo: Úmero.  
Fonte: Sobotta, 2000: 07.

### 2.1.1 Ossos do Complexo do Ombro

Os ossos que constituem a principal articulação do complexo do ombro, a articulação glenoumeral, são o úmero e escápula. Denomina-se cintura escapular a junção da escápula com a clavícula.

#### 2.1.1.1 Clavícula

A clavícula é um osso fino em formato de ‘s’, sustenta a parte anterior do complexo do ombro, mantendo-o separado da caixa torácica. Dângelo e Fattini (2000:266) analisam que a clavícula é descrita a partir de duas extremidades que se diferem: *a medial*, que articula-se com o esterno é globosa, enquanto *a lateral* é achatada e articula-se com o acrômio da escápula.

O formato de dois terços mediais da clavícula é essencialmente circular e seu terço lateral adquiri aspecto achatado. O terço medial da clavícula possui uma convexidade anterior, pois este osso deve adaptar-se à curvatura anterior da caixa torácica, e o terço lateral é côncavo. A face

inferior apresenta medialmente uma impressão do ligamento costoclavicular, o sulco do músculo subclávio e o tubérculo conóide. A partir do tubérculo conóide, estendendo-se lateral e anteriormente, identifica-se a área rugosa, a linha trapezóide, inserção do músculo trapézio.



*Figura 05 – Clavícula. Vistas superior e inferior respectivamente.  
Fonte: Sobotta, 2000:163.*

A mudança de tamanho e contorno na clavícula representa fraqueza estrutural na qual ocorre maior parte das lesões por fratura, pois sua localização superficial e a ausência de proteção por parte dos músculos e do tecido adiposo tornam a clavícula vulnerável aos golpes diretos.

### 2.1.1.2 Escápula

Dângelo e Fattini (2000:267) descrevem a escápula como um osso laminar que apresenta corpo triangular achatado, com projeções proeminentes: a espinha da escápula, o acrômio e o processo coracóide. Está localizada na superfície dorsal do tórax e funciona principalmente como a superfície de articulação para a cabeça do úmero e como local de fixação para muitos músculos que atuam na movimentação do complexo do ombro. Para Cailliet (2000:30), a espinha escapular, vista na incidência posterior, divide a escápula em fossas supra e infra-espinhal originando músculos que levam esses mesmos nomes. Para Arnheim e Prentice (2002:487), a espinha se divide em duas partes desiguais à parte posterior: a parte dorsal superior é uma depressão profunda denominada fossa supra-espinhal e a área abaixo, que é uma depressão mais rasa, é denominada fossa infra-espinhal.

A face anterior do corpo da escápula adapta-se à curvatura posterior da caixa torácica e por esta razão é côncava e denominada face costal ou fossa subescapular. A face posterior, descrita por Gray e Goss (1998:164), é subdividida em duas partes desiguais pela presença da espinha: a porção menor acima da espinha é denominada fossa supra-espinhal e a porção abaixo é denominada infra-espinhal.

O acrômio é um processo na parte lateral da espinha escapular. Uma projeção semelhante a um gancho, denominada processo coracóide, tem origem na parte anterior da escápula. “Encurva-se para cima, para adiante e para fora adiante da fossa glenóide, que é a cavidade articular que irá receber a cabeça do úmero” (Arnheim e Prentice, 2002:487). Esta cavidade ou fossa glenóide está localizada lateralmente sobre a escápula abaixo do acrômio, sendo relativamente rasa, entretanto, a presença do lábio glenóide fibrocartilaginoso faz aumentar a profundidade da articulação.

Cailliet (2000:30) analisa que o processo coracóide está situado dentro da margem anterior da cavidade glenóide, na frente e sob o acrômio, é o ponto de inserção de vários ligamentos: coracoclavicular, coracoumeral e coracoacromial e dos músculos escapulares como o peitoral maior e peitoral menor.

A seguir, constataremos a borda medial a lateral e a superior, bem como os ângulos inferior, superior e lateral e também o acrômio (que articula-se com a clavícula), o processo coracóide, as fossas supra e infra-espinal, os tubérculos supraglenoidal e infra-glenoidal, a incisura da escápula e a cavidade glenóide (que articula-se com a cabeça do úmero).

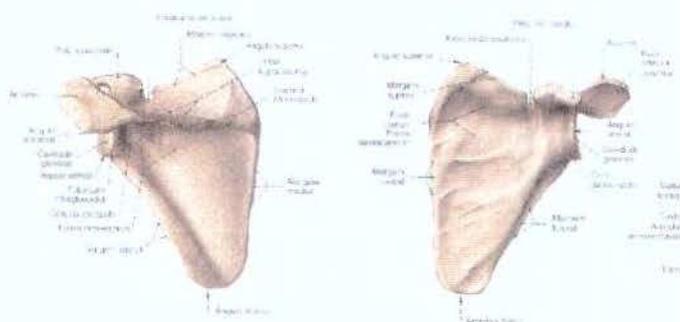


Figura 06 – Escápula. Vistas posterior e anterior respectivamente.  
Fonte: Sobotta, 2000:164.

### 2.1.1.3 Úmero

O úmero é um osso longo que superiormente articula-se com a cavidade glenóide da escápula. Na extremidade proximal está localizada a cabeça do úmero “superfície articular lisa e arredondada, voltada superior, medial e posteriormente separando-se do restante da extremidade proximal por um sulco anular, o colo anatômico” (Dângelo e Fattini, 2000:69). Arnheim e Prentice (2000:488) descrevem que a cabeça do úmero é esférica, com um colo estreito e

contraído, dirige-se para cima, para dentro e para trás. Circunscrevendo-a, há um leve sulco denominado colo anatômico, que atua na fixação para a cápsula articular da articulação glenoumeral. A tuberosidade maior e a menor estão localizadas em uma área adjacente e imediatamente abaixo da cabeça do úmero, uma mais alta e lateralmente e a outra posicionada anterior e medialmente, respectivamente. Dângelo e Fattini (2000:269) analisam estes dois processos ósseos estão separados por um sulco intertubercular que prolonga-se em direção à diáfise do úmero, é o sulco bicipital, ocupado pelo tendão longo do músculo bíceps braquial. Logo abaixo do colo cirúrgico o corpo do úmero torna-se cilíndrico achatando-se no sentido ântero-posterior à medida que aproxima-se da extremidade distal. No contorno lateral do terço médio da diáfise umeral encontra-se a tuberosidade deltoídea. Em vista posterior do corpo umeral, identifica-se o sulco do nervo radial.

Seguindo as bordas lateral e medial do corpo do úmero, em vista anterior, à medida que elas aproximam-se de extremidade distal do osso, divergem e passam a ser denominadas cristas supracondilares medial e lateral. Suas extremidades caracterizam-se por serem expansões nodulares, os epicôndilos medial e lateral. Entre os epicôndilos medial e lateral, o relevo de superfícies articulares: o capitulo, lateral, que articula-se com o rádio e a tróclea, medial, em forma de polia ou carretel, que se articula com a ulna. Duas fossas são visíveis na face anterior da extremidade distal do úmero: a fossa radial, superior ao capitulo, e a fossa coronóidea, superior à tróclea. Em vista posterior, uma terceira fossa pode ser identificada, situada superiormente à tróclea: a fossa olecraneana. Na face posterior do epicôndilo medial há um sulco destinado à passagem do nervo ulnar.



*Figura 07 – Úmero. Vistas anterior e posterior respectivamente.  
Fonte: Sobotta, 2000:165.*

## 2.2 Tecidos Moles

Todos os organismos, do mais simples ao mais complexos, são compostos de células. As propriedades de um tecido mole específico do organismo derivam da estrutura e função das células. As células individuais contêm um núcleo circundado por citoplasma e são envoltas por uma membrana celular que permite seletivamente que as substâncias adentrem ou deixem as células. O núcleo contém cromossomas, que consistem de DNA e proteína. Os elementos funcionais e estruturais dentro da célula são denominados organelas e incluem mitocôndrias, ribossomas, retículo endoplasmático, centríolos e aparelho de Golgi.

“Todos os tecidos do corpo humano podem ser definidos como tecidos moles, com exceção do tecido ósseo” (Arnheim e Prentice, 2002:203). Estes autores ainda analisam que o corpo humano possui quatro tipos de tecidos moles: *tecido epitelial*, que consiste de pele e revestimento dos vasos e de muitos órgãos; *tecido conjuntivo*, que consiste dos tendões, ligamentos, cartilagem, gordura, vasos sanguíneos e osso; *músculo*, que pode ser esquelético, cardíaco ou visceral; e o *tecido nervoso*, que consiste de massa encefálica, medula espinhal e nervos. Barak et al (1990:185), analisam que os tecidos moles ou tecidos não-ósseos caracterizam-se como não-contráteis e contráteis. Os tecidos não-contráteis são a pele, as cápsulas articulares, os ligamentos, as fâscias, a cartilagem, a dura-máter e as raízes nervosas. Os tecidos contráteis são as estruturas que fazem parte do músculo, de seu tendão ou de sua inserção óssea. A seguir, serão abordados os tipos de tecido mole: articulação sinovial: cartilagem, cápsula articular, líquido sinovial, bem como os ligamentos, bursas, músculos, nervos e vasos do ombro.

### 2.2.1 Articulação Sinovial

A articulação consiste da cartilagem e de tecido conjuntivo fibroso. “As articulações são classificadas como *móveis* (sinoartrodiais), *levemente móveis* (anfiartrodiais) e *livremente móveis* (diartrodiais)” (Arnheim e Prentice, 2002:184). As articulações diartrodiais são denominadas de articulações sinoviais e devido à capacidade de movimentarem-se livremente, tornam-se mais suscetíveis às lesões. Arnheim e Prentice (2002:186) descrevem que as articulações sinoviais “são subdivididas em seis tipos: *bola-e-encaixe* (esferoidal), *em dobradiça* (charneira), *em pivô*, *elipsoidal*, *em sela* e *deslizante*”. As articulações tipo bola-e-encaixe permitem todos os tipos de

movimentos possíveis (exemplo: articulações do ombro); as do tipo dobradiça permitem apenas flexão e extensão (exemplo: articulação do cotovelo); as tipo pivô permitem a rotação ao redor de um eixo (exemplo: atlas e áxis da coluna cervical); as elipsoidais possuem uma cabeça convexa elíptica em um encaixe côncavo elíptico (exemplo: articulação do punho); as em formato de sela são reciprocamente côncavo-convexa (exemplo: articulação carpometacárpica do polegar); as deslizantes permitem pequena quantidade de deslizamento para adiante, trás e para os lados (exemplo: todas as articulações entre os processos articulares das vértebras).

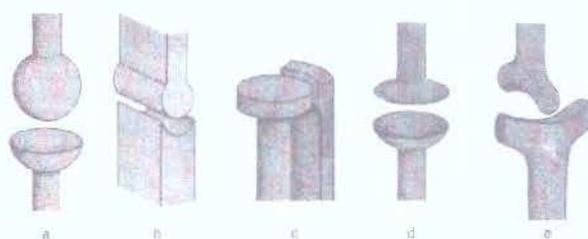


Figura 08 – Aparelho Locomotor Passivo. Articulações: a- esférica, b- em dobradiça, c- pivô, d- elipsóide, e- sela.  
Fonte: Weineck, 1990:46.

As articulações sinoviais diferem em sua capacidade de suportar lesões traumáticas dependendo de sua organização esquelética, ligamentar e muscular. A tabela 01 fornece um guia geral para a resistência relativa de articulações selecionadas em termos de participação nos esportes.

Tabela 01 – Graus Gerais de Força Relativa em Articulações Selecionadas.

Articulação	Esqueleto	Ligamentos	Músculos
Tornozelo	Forte	Moderados	Fracos
Joelho	Fraco	Moderados	Fortes
Quadril	Forte	Fortes	Fortes
Esternoclavicular	Fraco	Fracos	Fracos
Acromioclavicular	Fraco	Moderados	Fracos
Glenoumeral	Fracos	Moderados	Moderados

Fonte: Arnheim e Prentice, 2002:186.

As articulações sinoviais possuem quatro características, que são analisadas pelos mesmos autores citados anteriormente: elas possuem uma cápsula ou ligamentos; a cápsula é revestida por uma membrana sinovial; as superfícies ósseas que entram na oposição contêm cartilagem hialina

e existe um espaço articular (cavidade articular) que contém pequena quantidade de líquido (líquido sinovial). Além disso, “há nervos e vasos sangüíneos que irrigam e inervam a articulação sinovial e há músculos que cruzam a articulação ou que são intrínsecos a ela” (Thibodeau e Patton, 1996:123).

Cormack (1991:255) refere-se às articulações sinoviais como aquelas que permitem maior mobilidade, pois além de serem suficientemente lubrificadas pelo líquido sinovial, possuem suas superfícies articulares revestidas por cartilagem hialina. No limite da articulação há uma resistente cápsula articular que funde-se com o periósteo dos ossos.

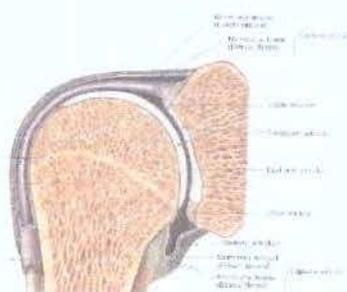
### 2.2.1.1 Cartilagem Articular

Para Arnheim e Prentice (2002:185), a cartilagem articular é um tecido conjuntivo que “proporciona apoio resistente e flexível. Ocorre em todo o corpo e consiste de três tipos: *hialina*, *fibrosa* e *elástica*”. A cartilagem é um tecido conjuntivo semi-resistente com predominância de substância basal na matriz extracelular. Dentro da substância basal existem quantidades variáveis de fibras colágenas e elásticas. A cartilagem possui uma cor branca ou cinzenta, sendo semi-opaca. Não possui suprimento sangüíneo nem neural direto. A cartilagem hialina forma as extremidades dos ossos das articulações sinoviais diartrodiais. Esta cartilagem funciona como uma esponja em relação ao líquido sinovial e quando ocorre movimento, a cartilagem articular ajuda a proporcionar estabilidade, tanto estática quanto dinâmica; absorve e espreme o líquido quando as pressões modificam-se entre as superfícies articulares.

As cartilagens articulares são as únicas que apresentam superfície lisa e quase perfeitamente plana. Junqueira e Carneiro (1999:107) definem-as como “tecido do tipo conjuntivo especializado de consistência rígida formada pelos condrócitos (células) e matriz (material celular)”. A matriz, por sua vez, é formada por lacunas nas quais localizam-se um ou mais condrócitos; pode ser constituída por colágeno e colágeno mais elastina, em associação com macromoléculas de proteoglicanas e glicoproteínas adesivas.

Como o colágeno e a elastina são flexíveis, a consistência firme das cartilagens deve-se às ligações eletrostáticas entre as glicoaminoglicanas sulfatadas e o colágeno e à grande quantidade de moléculas de água presa às glicoaminoglicanas, o que confere a turgidez da matriz. Devido à propriedade avascular do tecido cartilaginoso, os nutrientes e o oxigênio chegam aos condrócitos

das cartilagens articulares através da difusão a partir dos tecidos envolventes ou do líquido sinovial nas bordas das cavidades articulares. As partes mais profundas da cartilagem são nutridas por espaços ou lacunas existentes nos ossos adjacentes. O tecido cartilaginoso também é desprovido de vasos linfáticos e de nervos. “Em comparação com outros tecidos, a cartilagem hialina é sujeita, com relativa frequência, a processos degenerativos. A cartilagem que sofre lesão regenera-se com dificuldade e, freqüentemente, de modo incompleto” (Junqueira e Carneiro, 1999:107).



*Figura 09 – Cartilagem Articular.  
Fonte: Sobotta, 2000:09.*

### 2.2.1.2 Cápsula Articular

A cápsula articular envolve a articulação sinovial e consiste em uma camada fibrosa externa denominada cápsula fibrosa e uma camada interna, a membrana sinovial. Os ossos da articulação diartrodial são mantidos íntegros por um manguito de tecido fibroso conhecido como cápsula ou ligamento capsular.

Para Arnheim e Prentice (2002:185) a cápsula “consiste de feixes de colágeno e funciona principalmente para manter uma posição articular relativa. É extremamente resistente e consegue suportar forças em corte transversal de  $500 \text{ kg/cm}^2$ ”. Algumas partes da cápsula tornam-se frouxas ou esticadas na dependência dos movimentos articulares. Dângelo e Fattini (2000:34) analisam que a cápsula articular é uma membrana conjuntiva que envolve a articulação sinovial como um manguito e apresenta-se em duas camadas: a membrana fibrosa (externa) e a membrana sinovial (interna). A primeira é mais resistente e pode estar reforçada, em alguns pontos, por feixes também fibrosos, que constituem ligamentos capsulares destinados a aumentar a resistência da cápsula. A cápsula fibrosa, composta de folhetos de fibras colágenas, é contínua com a camada fibrosa do periósteo dos ossos que encontram-se na articulação. Como não é elástica, contribui para a estabilidade articular. Cailliet (2000:33) descreve que:

na articulação glenoumeral, a cápsula tem paredes finas e é espaçosa. Origina-se na cavidade glenóide (lábio) e insere-se ao redor do colo anatômico do úmero. Apresenta-se bastante frouxa permitindo que a cabeça do úmero saia alguns poucos centímetros da fossa e com recesso anterior que forma a bursa subescapular e subcoracóide.

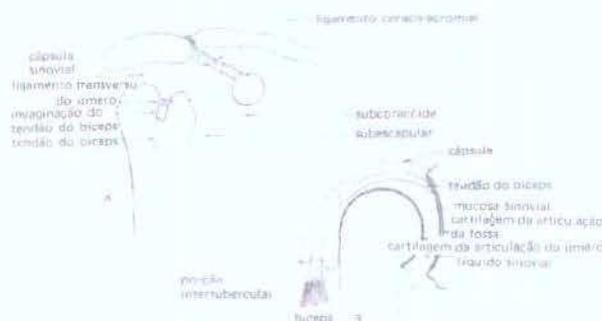


Figura 10 – Cápsula Sinovial Glenoumeral. Vistas A: anterior e B: lateral.  
Fonte: Cailliet, 2000: 32.

### 2.2.1.3 Membrana e Líquido Sinovial

Revestindo internamente a cápsula articular sinovial há uma membrana sinovial formada por tecido conjuntivo com células achatadas e vilosidades (pequenas projeções) em sua parte interna. O líquido é secretado e absorvido pela membrana sinovial. O líquido sinovial possui a consistência da clara de ovo e atua como lubrificante articular. Possui a capacidade de modificar sua viscosidade. “Durante o movimento lento, o líquido torna-se espesso; durante o movimento rápido, torna-se mais fluido. Essa variação na viscosidade é produzida pela presença do ácido hialurônico” (Arnheim e Prentice, 2002:185). Cormack (1991:261) descreve que a membrana sinovial “reveste toda a cavidade articular, exceto as cartilagens articulares; ha abundância de vasos sangüíneos, nervos e linfáticos e produz líquido sinovial tendo capacidade de regeneração rápida e completa”.

O líquido sinovial é viscoso e ligeiramente amarelado. Para Dângelo e Fattini (2000:34), “não sabe-se ao certo se a sinóvia é uma verdadeira secreção ou um ultra-filtrado do sangue”; já Cormack (1991:261), refere-se ao líquido como um “dialisado do plasma produzido por um extenso plexo capilar próximo à superfície interna da membrana sinovial e os seus constituintes relacionados à lubrificação são produzidos pelas células sinoviais”. Além de glicoproteínas e ácido hialurônico, que confere a viscosidade, estão presentes no líquido: monócitos, linfócitos, macrófagos e uma pequena proporção de neutrófitos.

## 2.2.2 Ligamentos

Os ligamentos são lâminas ou feixes de fibras colágenas que formam conexão entre dois ossos. Os ligamentos enquadram-se em duas categorias: “aqueles que são considerados intrínsecos e os que são extrínsecos a uma articulação. Os intrínsecos ocorrem onde a cápsula articular tornou-se espessa e os extrínsecos são separados do espessamento capsular” (Arnheim e Prentice, 2002:185). Cormack (1991:261) analisa que:

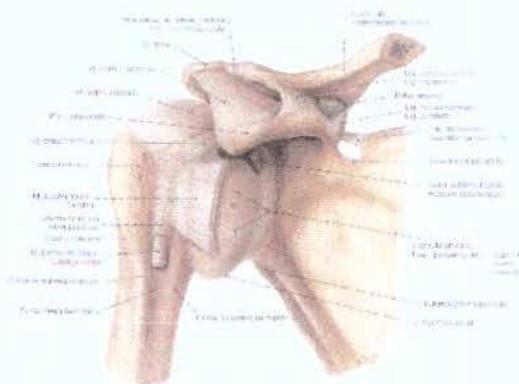
*os ligamentos são espessamentos semelhantes a cordões da cápsula fibrosa e que alguns deles são incorporados à cápsula, enquanto outros são separados pela bursa formada por bolsas externas da membrana sinovial. Próximos às suas ligações à cartilagem, em geral, os ligamentos sofrem transição para fibrocartilagem.*

Ligamentos e cápsula articular têm por finalidade manter a união entre os ossos além de impedir “o movimento em planos indesejáveis e limitam a amplitude dos movimentos considerados normais” (Dângelo e Fattini, 2000:34). São encontrados nas articulações sinoviais e possuem composição semelhante àquela dos tendões; entretanto, ligamentos e cápsulas contêm fibras elásticas e fibras colágenas que possuem uma configuração ondulante, irregular e espiralada. Ligamentos são resistentes em sua parte média e fracos nas extremidades e quando estirados, a lesão produz fratura tipo avulsão ou laceração nas extremidades e não em sua parte média. Um fator importante na lesão ligamentar é representado pelas propriedades teciduais viscoelásticas dos ligamentos e das cápsulas, como será visto adiante.

### 2.2.2.1 Ligamentos do Complexo do Ombro

Na articulação glenoumeral, os tecidos capsular e ligamentar ajudam a manter a integridade anatômica, o alinhamento estrutural bem como a estabilização das articulações sinoviais. Como a cápsula articular é mais frouxa e as superfícies articulares são rasas, os ligamentos representam importância essencial nessa articulação, diferentemente dos tendões, porém, estes tecidos contêm fibras elásticas e colágenas irregulares e espiraladas. “Na cápsula articular há espessamentos anteriores que são identificados como ligamentos glenoumerais superior, médio e inferior” (Dângelo e Fattini, 2000:278).

Do processo coracóide partem os ligamentos córacoumeral e córacocrômial. O primeiro estende-se até o tubérculo maior do úmero, fundindo-se com a cápsula articular. O segundo forma um arco sobre a articulação do complexo do ombro, juntamente com a parte horizontal do processo coracóide e o acrômio, locais de fixação do ligamento. O tendão do músculo bíceps braquial (cabeça longa) é mantido em seu sulco pelo ligamento transverso do úmero, este encontra-se fixado nos tubérculos maior e menor do úmero.

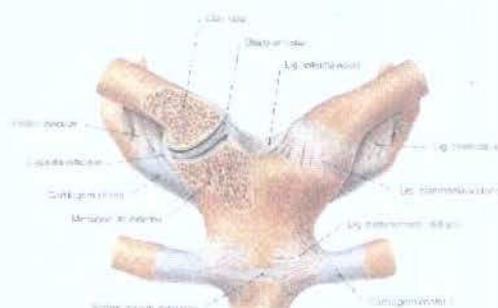


*Figura 11 – Articulação do Complexo do Ombro. Lado direito. Vistas após remoção do músculo Deltóide.*  
*Fonte: Sobotta, 2000:166.*

Na articulação acromioclavicular, a cápsula articular também não é uma estrutura que garante estabilidade. Sendo o plano desta juntura oblíquo, há certa tendência da clavícula sobrepor-se ao acrômio. Para evitar esta sobreposição, existe o ligamento coracoclavicular, que estende-se da clavícula ao processo coracóide. Este ligamento é ainda dividido em duas porções: o ligamento conóide, que fixa-se ao tubérculo conóideo da clavícula e o ligamento trapezóide que fixa-se na linha (tuberosidade) trapezóide da clavícula.

A articulação esternoclavicular também faz parte do complexo do ombro, logo, há ligamentos que contribuem igualmente para a estabilidade da estrutura. Dângelo e Fattini (2000: 276) descrevem que “a cintura escapular está unida ao tronco por músculos e pela articulação esternoclavicular”. Nesta articulação, a extremidade medial da clavícula articula-se com o manúbrio. Os ligamentos esternoclaviculares anterior e posterior são espessamentos da cápsula desta articulação, já os ligamentos interclavicular, que liga uma clavícula na cartilagem da primeira costela, são extra-capsulares. Além dos ligamentos, há um disco articular para assegurar estabilidade. Este disco está preso à clavícula e à cartilagem costal, dividindo a cavidade articular

em dois compartimentos. Alguns autores referem-se a este disco como menisco da articulação esternoclavicular.



*Figura 12 – Articulação Esternoclavicular. Articulação direita exposta por um corte frontal.  
Fonte: Sobotta, 2000:163.*

### 2.2.3 Bursas do Complexo do Ombro

Para Arnheim e Prentice (2002:189) “a bolsa (bursa) é um saco cheio de líquido encontrado nos locais do corpo humano nos quais poderia ocorrer atrito dentro dos tecidos corporais”. As bursas proporcionam proteção entre os tendões e ossos, entre os tendões e os ligamentos e entre outras estruturas nas quais há atritos.

Existem diversas bursas associadas ao complexo do ombro e à articulação glenoumeral particularmente. Enquanto todas contribuem para a função, as mais importantes são as bursas subacromial e subdeltoídea. Para Gray e Goss (1998:268), a bursa subdeltoídea “é uma ampla bursa entre a face profunda do deltoíde e a cápsula da junta”; não comunica-se com a cavidade sinovial.

A bursa subacromial está situada entre a face inferior do acrômio e a cápsula da junta; usualmente estende-se sob o ligamento coracoacromial e, na maioria das vezes, continua com a bursa subdeltoídea. Em outras palavras, essas bursas podem estar separadas, mas geralmente são contínuas e, conjuntamente, conhecidas como bursa subacromial.

Essa bursa permite deslizamento suave entre o úmero e tendão supraespinhal com as estruturas ao seu redor. Interrupção ou falha nesse mecanismo de deslizamento é causa de dores e limitação na articulação glenoumeral. Gray e Goss (1998:268) associam ao complexo do ombro: subcoracóide (entre o processo coracóide e a escápula), coracobraquial (interpõe-se ao músculo coracobraquial), infra-espinhal (entre o tendão do músculo infra-espinhal e a cápsula), subcutânea

acromial (considerável extensão sobre a face superficial do acrômio) e as bursas dos músculos grande dorsal, redondo maior e peitoral maior (situadas entre os músculos e o úmero em suas inserções).



*Figura 13 – Bursa Subacromial.  
Fonte: Cailliet, 2000: 77.*

#### **2.2.4 Tecido Muscular**

A capacidade de reagir em resposta a uma modificação do meio ambiente constitui uma das modificações fundamentais do protoplasma animal. “Assim o animal unicelular em contato com um agente irritante contrai-se no ponto de estímulo e emite um prolongamento do citoplasma no ponto oposto àquele que foi estimulado” (Dângelo e Fattini, 2000:43). Na estimulação houve contração da célula distanciando-se do agente estimulador, ou seja, houve movimento. Nos organismos unicelulares, com uma única célula é possível realizar atividades como respiração, absorção, excreção, (...). Os mesmos autores analisam que nos organismos multinucleares, as células diferenciam-se para realizar funções específicas (respiração, absorção, e outras), no caso das células musculares, especializam-se para a contração e o relaxamento.

As células musculares agrupam-se em feixes para formar massas macroscópicas denominadas músculos, os quais acham-se fixados pelas suas extremidades. Assim este tecido é um conjunto de estruturas que movem os segmentos do corpo por encurtamento da distância que existe entre suas extremidades, a contração.

“O tecido muscular caracteriza-se pela contratibilidade. O músculo é um órgão motor formado por grande número de células caracterizadas pela presença de elementos contráteis, chamados miofibrilas” (Weineck, 1990:30). O mesmo autor ainda analisa que do tecido muscular acompanha-se sempre o tecido conjuntivo, este liga as células musculares entre si e transmite a contração das células (ou fibras) musculares ao ambiente.

“As fibras musculares possuem a capacidade de contraírem-se, assim como as propriedades de irritabilidade, condutividade e elasticidade” (Arnheim e Prentice, 2002:181). Os

autores analisam que dentro das células das fibras, há uma substância semilíquida denominada sarcoplasma (citoplasma). As miofibrilas são circundadas pelo endomísio, os feixes de fibras são circundados pelo perimísio e o músculo inteiro é revestido pelo epimísio.

O epimísio, o peromísio e o endomísio podem ser combinados com o tendão fibroso. O invólucro fibroso do músculo pode transformar-se em uma lâmina plana de tecido conjuntivo (apneurose) que conecta-se com outros músculos. Tendões e apneuroses são extremamente resistentes às lesões. “Quando arrancados do osso, este poderá quebrar-se ou então um músculo sofrerá laceração antes dos tendões e das apneuroses serem lesionadas” (Arnheim e Prentice, 2002:181).

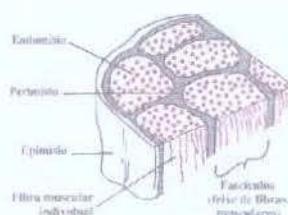


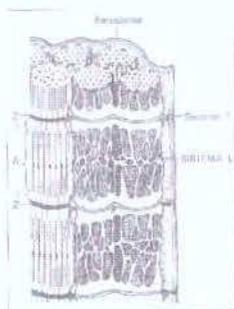
Figura 14 – Tecido Conjuntivo Relacionado a um Músculo Esquelético.  
Fonte: Arnheim e Prentice, 2002:181.

O tecido muscular pode ser classificado como *estriado* e *liso* sob os pontos de vista funcional e morfológico. A musculatura estriada compreende a periférica e a cardíaca. “A diferença morfológica entre as musculaturas estriada e lisa é que naquela há estrias transversais e há inervação é através do sistema nervoso somático” (Weineck, 1990:30), logo, estas contrações realizadas pela musculatura estriada, são voluntárias, rápidas e retilíneas. A musculatura lisa não apresenta estrias transversais e possui inervação principalmente do sistema nervoso autônomo, o que caracteriza contrações involuntárias, lentas e vermiformes.

As células dos músculos estriados do aparelho de locomoção apresentam disposição paralela e grande número de núcleos, localizados às margens da célula. Na musculatura estriada, o elemento fundamental da fibra muscular é a miofibrila estriada, a qual compõem-se de filamentos tênues de actina e filamentos de miosina, mais espessos.

Entre as miofibrilas há o sarcoplasma, pobre em mitocôndrias, ao lado do retículo de sarcoplasma liso, altamente desenvolvido (Sistema ‘L’), cuja função consiste em armazenar os íons de cálcio, indispensáveis para a construção muscular: os estímulos nervosos transmitidos pelo sistema ‘T’ levam à passagem de íons de cálcio para o interior do sarcoplasma dando início à contração das miofibrilas. Na figura 15 a seguir, podemos observar as estruturas denominadas

Miofibrilas que compõem a Fibra Muscular: os Túbulos do sistema transversal (Sistema 'T') estão em contato direto com o sistema longitudinal (Sistema 'L') do retículo sarcoplasmático. Vemos à esquerda o desenho esquemático de um sarcômero (trecho compreendido entre duas estrias consecutivas Z), após a retirada do retículo sarcoplasmático.



*Figura 15 – Miofibrilas Compondo a Fibra Muscular.  
Fonte: Weineck, 1990:32.*

As fibras musculares estriadas são pobres em retículo sarcoplasmático granuloso e em ribossomos, responsáveis pela síntese protéica, “este fato explica a reduzida capacidade de regeneração da musculatura estriada adulta, assim como a substituição das fibras musculares destruídas por tecido conjuntivo cicatricial” (Weineck, 1990:32). Em geral, os músculos esqueléticos são bem supridos com vasos sangüíneos que distribuem-se por toda sua estrutura. Artérias, veias, vasos linfáticos e feixes de fibras nervosas espalham-se no perimísio. Uma complexa rede capilar distribui-se por todo o endomísio, entrando em contato direto com as fibras musculares. A partir de análise dos autores, o tecido muscular estriado esquelético é formado por feixes de células cilíndricas longas e multinucleadas que apresentam estriações transversas. Envolvendo e unindo as fibras musculares há tecido conjuntivo, assim a força de contração gerada por cada fibra atua sobre o músculo inteiro. No centro de cada fibra muscular há uma terminação nervosa motora, a placa motora. A fibra nervosa e as fibras musculares por ela inervadas formam uma unidade motora.



*Figura 16 – Músculo Estriado Esquelético.  
Fonte: Junqueira e Carneiro, 1999: 06.*

Junqueira e Carneiro (1999:168) descrevem que:

*o disparo de uma única célula nervosa determina uma contração cuja força é proporcional ao número de fibras musculares inervadas pela unidade motora. Deste modo, o número de unidades motoras acionadas e o tamanho de cada unidade controlam a intensidade da contração do músculo.*

Schauf e Moffett (1993:264) afirmam que cada músculo é circundado por uma bainha de tecido conjuntivo (o epimísio) continua com os tendões do músculo. Dentro do músculo, os feixes de fibras são muito unidos por bainhas de perimísio, formando fascículos. Os fascículos contêm muitas fibras musculares, cada uma delas envolvidas por sua própria bainha de endomísio. Esses elementos do tecido conjuntivo transferem aos tendões a força gerada pela contração muscular.

No citoplasma das fibras musculares existem miofibrilas. As miofibrilas são formadas por diversos sarcômeros ou unidades morfofuncionais que constituem filamentos de actina (filamentos finos) e miosina (filamentos grossos), ambos sendo grandes moléculas polimerizadas de proteína, que são responsáveis pela contração muscular.

Guyton e Hall (1998:54) explicam o mecanismo molecular da contração muscular a partir da análise do sarcômero, que é formado pela parte da miofibrila que fica entre duas linhas 'Z' sucessivas e contém uma banda 'A' separando duas semibandas 'I'. A banda 'A' apresenta uma zona mais clara no centro, a banda 'H'.

A disposição dos sarcômeros coincide na várias miofibrilas da fibra muscular e as bandas formam um sistema de estriações transversais, paralelas, que é característico das fibras musculares estriadas. Da linha 'Z' partem os filamentos finos (actina) que correm até a margem externa da banda 'H'. Os filamentos grossos (miosina) ocupam a região central do sarcômero.

A banda 'H' é formada somente por filamentos grossos. Como resultado dessa disposição, a banda 'I' é formada somente pela parte dos filamentos finos que não são invadidos pelos filamentos grossos. A banda 'H' é formada somente por filamentos grossos. Na banda 'A', actina e miosina interpõem-se.

Guyton e Hall (1998:54) analisam que no estado relaxado, as extremidades dos filamentos de actina, derivados das duas linhas 'Z' sucessivas, apenas começam a sobreporem-se entre si, enquanto, ao mesmo tempo, ficam adjacentes aos filamentos de miosina. Por outro lado, no

estado contraído, esses filamentos de actina foram puxados em direção ao centro do sarcômero, por entre os filamentos de miosina.

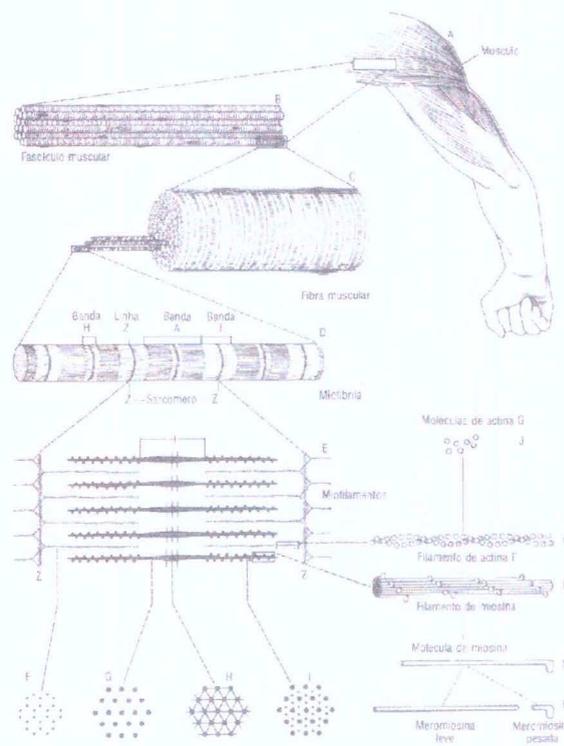


Figura 17 – Estrutura e Posição dos Filamentos Finos e Grossos do Sarcômero.  
Fonte: Junqueira e Carneiro, 1999:163.

Dângelo e Fattini (2000:45) explicam que por razões didáticas, convencionou-se chamar de origem à extremidade do músculo presa à peça óssea que não desloca-se. Por contradição, denomina-se inserção a extremidade do músculo presa à peça óssea que se desloca. Vários são os critérios para classificar os músculos.

Estes autores ainda classificam-os quanto à disposição das fibras: *fibras paralelas* (longos, largos, fusiforme e em leque) ou *fibras obliquas* (unipenado e bipenado), quanto à função, na qual o músculo agente principal na execução do movimento é chamado de *agonista* e o músculo que põe-se ao trabalho do agonista, seja para regular a rapidez ou a potência, é chamado de *antagonista*. Quando um músculo atua no sentido de eliminar algum movimento indesejado que poderia ser feito pelo agonista, ele é dito *sinergista*. Quando os músculos não estão diretamente relacionados com a ação principal, mas que estabilizam as diversas partes do corpo para tornar esse movimento possível, são chamados de *fixadores*. Os músculos também podem ser classificados quanto à origem, quanto à inserção, quanto ao ventre e quanto à sua ação.

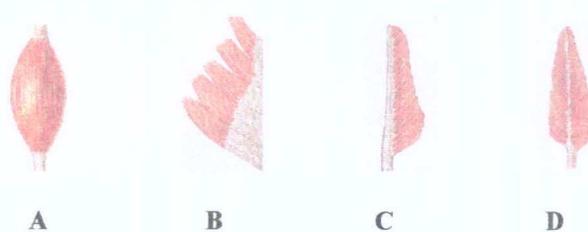


Figura 18 – Tipos de Disposição das Fibras Musculares. A – Fibras Paralelas: Fusiforme; B – Fibras Paralelas: Plano; C – Fibras Obliquas: Unipenado; D – Fibras Obliquas: Bipenado.

Fonte: Sobotta, 2000:10.

#### 2.2.4.1 Músculos do Complexo do Ombro

Há muitos músculos envolvidos na articulação do complexo do ombro. Existem os que realizam primeiramente os movimentos do complexo do ombro e os que, fixados na escápula, auxiliam este movimento. A mobilidade da cintura escapular quase duplica o raio de ação dos membros superiores, principalmente a mobilidade acessível das mãos no espaço.

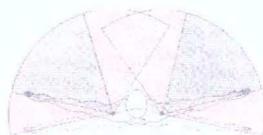


Figura 19 – Combinação de Movimentos da Cintura Escapular. Ampliação do raio de ação dos braços na articulação do complexo do ombro devido à combinação de movimentos musculares da cintura escapular (em rosa: aumento do raio de ação). Fonte: Weineck, 1990: 82.

Para Ciullo (1996:11):

*todos os músculos do corpo estão envolvidos no uso e no movimento do complexo do ombro, por exemplo: não é incomum que arremessadores desenvolvam dores seguidas de lesões no joelho e extremidades inferiores, pois a amplificação da força realizada pelo movimento no membro superior, põem em risco as extremidades inferiores. Esta pode ser a demanda de força gerada na extremidade superior, conduzindo ao colapso do sistema do complexo do ombro.*

O mesmo autor ainda analisa que os músculos atuam como estabilizadores, realizadores de movimentos primários e assistentes, mantendo a cabeça umeral no seu eixo em relação à cavidade glenóide nos movimentos que requisitam força e amplitude em altas tensões. “Os músculos que cruzam a articulação glenoumeral, a principal do complexo do ombro, produzem a movimentação dinâmica e proporcionam a estabilidade compensando a organização óssea e

ligamentar permitindo o grau de mobilidade” (Arnheim e Prentice, 2002:490). Os movimentos na articulação glenoumeral são: *flexão, extensão, abdução, adução, rotação externa e interna, abdução e adução horizontal e circundução*.

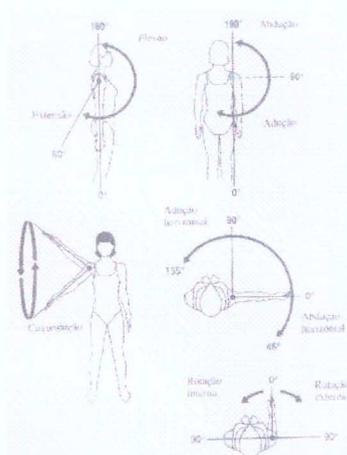


Figura 20 – Amplitude de Movimento na Articulação do Complexo do Ombro.  
Fonte: Bates e Hanson, 1998:82.

Arnheim e Prentice (2002:490), analisam que os músculos que atuam sobre a articulação glenoumeral podem ser separados em dois grupos: os músculos que originam-se no esqueleto axial e inserem-se no úmero (por exemplo: grande dorsal e peitoral maior) e aqueles que originam-se na escápula e inserem-se no úmero (por exemplo: deltóide, grande redondo e coracobraquial).

#### 2.2.4.1.1 O Manguito Rotador

De acordo com o referencial bibliográfico de Kendall e McCreary (1995), na articulação glenoumeral, os músculos mais envolvidos no suporte estático são o deltóide e o supra-espinhal, os quais mantêm principalmente a cabeça do úmero na fossa glenóide, próximo ao arco coracoacromial. O músculo supra-espinhal origina-se na fossa supra-espinhal acima da espinha da escápula, estende-se lateralmente passando sob o ligamento coracoacromial e inserindo-se no tubérculo maior da cabeça do úmero; na natação realiza: “rotação lateral, tração, abdução na recuperação do crawl e costas” (Palmer, 1990:319). O infra-espinhal origina-se na fossa infra-espinhal, logo abaixo da espinha da escápula, prosseguindo lateralmente, insere-se no tubérculo maior pouco abaixo da inserção do supra-espinhal; na natação age como “estabilizador articular,

estágios iniciais da recuperação nos nados crawl e borboleta” (Palmer, 1990:319). O músculo redondo menor origina-se na borda lateral da escápula e une-se aos tendões do supra e infra-espinhal inserindo-se na tuberosidade maior do úmero, formando assim, o manguito rotador; na natação, o redondo menor age como “estabilizador articular em todos os movimentos do braço” (Palmer, 1990:319).

O subescapular origina-se na fossa escapular na superfície anterior da escápula e insere-se na tuberosidade menor da cabeça do úmero e é componente do manguito rotador. É o músculo mais anterior e medial do manguito. Seu tendão passa a frente da articulação glenoumeral, sendo separado do colo da escápula por uma bolsa denominada subescapular que é uma prega sinóvia com fluido sinovial, estando em continuidade direta com a cápsula. O subescapular, na natação, realiza “rotação medial nos movimentos propulsivos, tração, adução no movimento vigoroso do braço submerso, empurre nos nados crawl e borboleta” (Palmer, 1990:319).

Para Bates e Hanson (1998:87), os músculos do manguito rotador têm as seguintes ações: *supra-espinhal* – abdução do úmero; *infra-espinhal* – rotação externa do úmero e movimentos acessórios como extensão do complexo do ombro e abdução horizontal do úmero; *redondo menor* – rotação externa do úmero e movimentos acessórios como extensão fraca e adução do complexo do ombro; *subescapular* – rotação interna e movimento acessório de adução fraca do úmero.

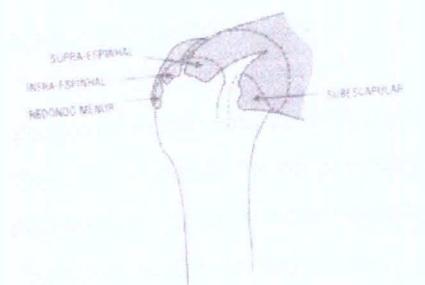


Figura 21 – Inserção dos Músculos do Manguito Rotador no Úmero.  
Fonte: Cailliet, 2000:41.

### 2.2.5 Tecido Nervoso

“O sistema nervoso proporciona sensibilidade e comunicação do sistema nervoso central (encéfalo e medula espinhal) com os músculos, os órgãos sensoriais, vários sistemas e a perifeira” (Arnheim e Prentice, 2002:195). Weineck (1990:34) descreve que o organismo vivo é caracterizado pelas seguintes propriedades: “excitabilidade, transmissão de estímulos e

capacidade de reagir aos estímulos. Na espécie humana, a transmissão dos estímulos está a cargo de um sistema especial de condução, representado pelo sistema nervoso”.

De acordo com o referencial bibliográfico de Machado (2003), o tecido nervoso compreende basicamente dois tipos celulares: os *neurônios* e as células gliais ou *neuróglia*. O neurônio é a sua unidade fundamental, com a função básica de receber, processar e enviar informações. A neuróglia compreende células que ocupam os espaços entre os neurônios, com funções de sustentação, revestimento ou isolamento, modulação da atividade neuronal e defesa.

### 2.2.5.1 O Neurônio

Os neurônios são células altamente excitáveis que comunicam-se entre si ou com células efetadoras (musculares e secretoras), usando linguagem elétrica, qual seja, modificações do potencial da membrana. A membrana celular separa dois ambientes que apresentam composições iônicas próprias: o meio intracelular (citoplasma), predominando íons orgânicos com cargas negativas e potássio ( $K^+$ ); e o meio extracelular, predominando sódio ( $Na^+$ ) e cloro ( $Cl^-$ ). As cargas elétricas dentro e fora da célula são responsáveis pelo estabelecimento de um potencial elétrico de membrana. Na maioria dos neurônios, o potencial de membrana em repouso está em torno de -60 a -70 mV, com excesso de cargas negativas dentro da célula. Movimento de íons através da membrana permitem alterações deste potencial. Os íons atravessam a membrana através de canais iônicos segundo gradiente de concentração. Os canais iônicos são formados por proteína e caracterizam-se pela seletividade, e, alguns deles, pela capacidade de fechar-se e abrir.

A maioria dos neurônios possui três regiões responsáveis por funções especializadas: *corpo celular*, *dendritos* e *axônio*. Com relação à classificação, os neurônios que possuem vários dendritos e um axônio, que correspondem à maioria, são chamados multipolares. Aqueles cujos dois prolongamentos deixam o corpo celular, possuem um dendrito e um axônio, são denominados bipolares. Ainda há aqueles cujos corpos celulares localizam-se nos gânglios sensitivos e apenas um prolongamento deixa o corpo, são denominados pseudo-unipolares. O corpo celular contém núcleo e citoplasma com as organelas citoplasmáticas usualmente encontradas em outras células. O núcleo é geralmente grande vesiculoso com um ou mais nucléolos evidentes. Há também neurônios com núcleos densos como é o caso dos núcleos dos

grânulos do córtex cerebelar. O citoplasma do corpo celular recebe o nome de pericário, rico em ribossomas, retículo endoplasmático granular e agranular e aparelho de Golgi, organelas envolvidas em síntese. A forma e o tamanho do corpo celular são extremamente variáveis conforme o tipo de neurônio.

Este corpo também é o centro metabólico do neurônio, responsável pela síntese de todas as proteínas neuronais, bem como pela maioria dos processos de degradação e renovação de constituintes celulares, inclusive de membranas. As funções de degradação justificam a riqueza de lisossomas, entre os quais há os chamados grânulos de lipofuscina, que são corpos lisosômicos residuais que aumentam em número com a idade. O corpo celular é o local de recepção de estímulos, através de contatos sinápticos.

### 2.2.5.2 O Dendrito

Os dendritos geralmente são curtos (de alguns micrômetros a alguns milímetros de comprimento) e ramificam-se profusamente – “abundantemente” (Ferreira, 1986:1398). Apresentam contorno irregular e podem apresentar os mesmos constituintes citoplasmáticos do pericário, no entanto, o aparelho de Golgi limita-se às porções mais calibrosas, próximas ao pericário. Já a substância de Nissl penetra nos ramos mais afastados, diminuindo gradativamente até ser excluída das menores divisões. Os dendritos são especializados em receber estímulos e traduzi-los em alterações do potencial de repouso de membrana. Estas alterações envolvem entrada e saída de determinados íons e expressam-se através de despolarização ou hiperpolarização.

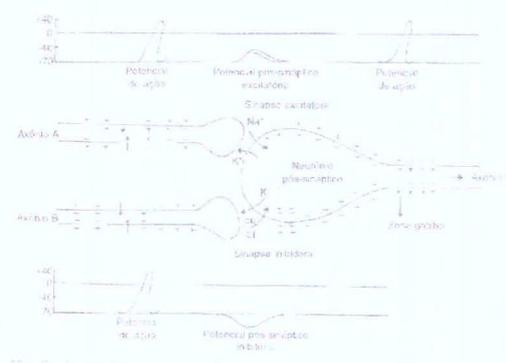


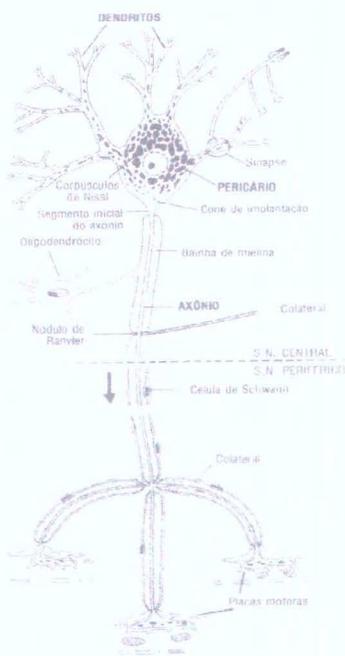
Figura 22 – Potenciais de Ação em Sinapses: excitatória (axônio A) e inibitória (axônio B).  
Fonte: Machado, 2003:26.

A despolarização é excitatória e significa redução da carga negativa do lado citoplasmático da membrana. A hiperpolarização é inibitória e significa aumento da carga negativa no interior da célula ou aumento positivo do lado de fora. Esses potenciais propagam-se em direção ao corpo e, neste, em direção ao cone de implantação do axônio.

### 2.2.5.3 O Axônio

A grande maioria dos neurônios possui um axônio, prolongamento longo e fino que origina-se do corpo ou de um dendrito principal, em região denominada cone de implantação.

O axônio apresenta comprimento muito variável dependendo do tipo de neurônio, podendo ter, na espécie humana, de alguns milímetros a mais de um metro. É cilíndrico e, quando ramifica-se, o faz em ângulo obtuso – “que não é agudo” (Ferreira, 1986:1211), originando colaterais de mesmo diâmetro do inicial. Estruturalmente apresenta, além da membrana plasmática ou axolema, o citoplasma axônico ou axoplasma, contendo microtúbulos, neurofilamentos, microfilamentos, retículo endoplasmático agranular, mitocôndrias e vesículas. O axônio é capaz de gerar alteração do potencial de membrana, denominada potencial de ação ou impulso nervoso, que caracteriza despolarização de grande amplitude da membrana (70 -110 mV: deve-se à grande entrada de  $\text{Na}^+$ ; segue-se a repolarização por saída de potássio).



*Figura 23 – Representação Esquemática de um Neurônio Motor. Vemos Corpo Celular, Dendritos e Axônio que, após o segmento inicial, apresenta bainha de mielina, formada por célula de Schwann. O Axônio, após ramificações, termina em placas motoras nas fibras musculares esqueléticas; em cada placa motora observam-se vários botões sinápticos.*

*Fonte: Junqueira e Carneiro, 1999:130.*

A bomba de sódio e potássio confere o repouso às concentrações iônicas dentro e fora da célula do tipo ‘tudo ou nada’. Portanto o axônio é especializado em gerar e conduzir o potencial de ação.

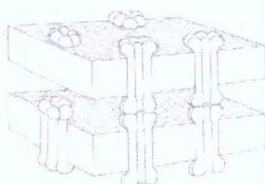
#### 2.2.5.4 As Sinapses

Os neurônios, principalmente através de suas terminações axônicas, entram em contato com outros neurônios, passando-lhes informações. Os locais de tais contatos são denominados sinapses, ou, mais precisamente, sinapses interneurais.

No Sistema Nervoso Periférico (SNP), terminações axônicas podem relacionar-se também com células não neuronais ou efetoras, como células musculares (esqueléticas, cardíacas ou lisas) e células secretoras (exemplo: glândulas salivares) controlando suas funções. Morfológica e funcionalmente, há dois tipos de sinapses: as *elétricas* e as *químicas*.

As sinapses elétricas são raras em vertebrados e exclusivamente interneurais. Nessas sinapses as membranas plasmáticas dos neurônios envolvidos entram em contato, conservando um espaço entre elas de apenas 02-03 nm – “é submúltiplo de metro =  $10^{-9}$ ” (Ferreira, 1986:1179).

Há comunicação entre os dois neurônios através de canais iônicos concentrados em cada uma das membranas de contato. Estes canais projetam-se no espaço intercelular justapondo-se de modo a estabelecer comunicações intercelulares, permitindo a passagem direta de pequenas moléculas, como íons, do citoplasma de uma das células para o da outra. A comunicação entre os neurônios envolvidos dá-se nos dois sentidos, ou seja, não há polarização como nas químicas.



*Figura 24 – Sinapse Elétrica. Partes das membranas plasmáticas de dois neurônios estão representadas por retângulos. Em cada uma, canais iônicos justapõem-se estabelecendo o acoplamento elétrico das duas células.  
Fonte: Machado, 2003:23.*

A grande maioria das sinapses interneuronais e todas as sinapses neuroefetoras são sinapses químicas, ou seja, a comunicação entre os elementos em contato depende da liberação de substância química, denominada neurotransmissor (dentre os mais conhecidos: acetilcolina;

aminoácidos como glicina, glutamato, aspartato, ácido gama-amino-butírico ou GABA; e as monoaminas como a dopamina, noradrenalina, adrenalina e histamina). Sabe-se hoje que muitos peptídeos também podem funcionar como neurotransmissores, por exemplo a substância 'P', em neurônios sensitivos e os opióides (pertencentes ao mesmo grupo químico da morfina, dentre eles as endorfinas e encefalinas). Acreditava-se que o neurônio sintetizasse apenas um neurotransmissor, na verdade pode haver coexistência de neurotransmissores clássicos (acetilcolina, monoaminas e aminoácidos) com peptídeos.

As sinapses químicas caracterizam-se por serem polarizadas, ou seja, apenas um dos dois elementos em contato, o chamado elemento pré-sináptico, possui o neurotransmissor. Este é armazenado em vesículas especiais denominadas vesículas sinápticas (as mais comuns: agranulares, granulares pequenas e grandes, opacas grandes). O tipo de vesícula predominante no elemento pré-sináptico depende do neurotransmissor que o caracteriza.

Nas sinapses em que o axônio é o elemento pré-sináptico, os contatos acontecem não só através de sua ponta dilatada, denominada botão terminal, mas também com dilatações que podem ocorrer ao longo de toda sua arborização terminal, os botões sinápticos de passagem. No caso da sinapse química interneuronal, há o elemento pré-sináptico que armazena e libera o neurotransmissor; o elemento pós-sináptico contendo receptores para o neurotransmissor; e uma fenda sináptica separando as duas membranas sinápticas.

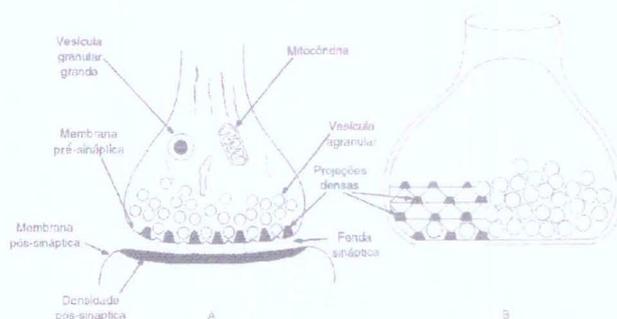


Figura 25 – Sinapse Química Interneuronal Axodendrítica. A – seção longitudinal com componentes pré e pós-sinápticos; B – visão tridimensional do elemento pré-sináptico visualizando a grade pré-sináptica que permite exocitose rápida das vesículas agranulares.

Fonte: Machado, 2003:25.

Quando o impulso nervoso atinge a membrana do elemento pré-sináptico, origina pequena alteração do potencial de membrana capaz de abrir canais de cálcio, o que determina a entrada desse íon. O aumento de íons cálcio no interior do elemento pré-sináptico provoca uma série de

fenômenos. Alguns deles culminam com a fusão de vesículas sinápticas com a membrana pré-sináptica. A liberação de neurotransmissor ocorre na fenda sináptica e sua difusão atinge seus receptores na membrana pós-sinápticas. Um receptor pode ser, ele próprio, um canal iônico que abre-se quando o neurotransmissor liga-se a ele. Um canal iônico deixa passar exclusivamente um dado íon. Se esse íon ocorrer normalmente em maior concentração fora do neurônio, como o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$ , há entrada. Se sua concentração for maior dentro do neurônio, no caso do  $\text{K}^+$ , há saída. Estes movimentos iônicos modificam o potencial de membrana, causando pequena despolarização no caso da entrada de  $\text{Na}^+$ , ou hiperpolarização no caso de entrada de  $\text{Cl}^-$  aumentando as cargas negativas no interior, ou de saída de  $\text{K}^+$  aumentando cargas positivas no exterior.

Quando o receptor não é um canal iônico, sua combinação com o neurotransmissor causa a formação, no citoplasma do elemento pós-sináptico, de nova molécula, chamada *segundo mensageiro*. Esse segundo mensageiro efetuará modificações na célula pós-sináptica.

#### 2.2.5.5 A Neurógliã

A neurógliã, ou simplesmente glia, consiste de um arcabouço de tecido conjuntivo. No Sistema Nervoso Central (SNC) envolve as células e as fibras nervosas e possui diversos tipos de células constituintes, dentre elas: células estrelas (astrócitos) que fornecem a maior parte da glia da substância branca e cinzenta do cérebro; os oligodendrócitos que formam a neuroglia dos nervos periféricos; microglíócitos; e um tipo de com disposição epitelial, as células endimárias. No Sistema Nervoso Periférico (SNP), a glia corresponde às *células satélites* e às *células de Schwann*, derivadas da crista neural. As células de Schwann desempenham um importante papel na regeneração das fibras nervosas, fornecendo substrato que permite o apoio e crescimento dos axônios em regeneração, além de sintetizar a bainha de mielina.

A fibra nervosa compreende um axônio e, quando presentes, seus envoltórios de origem glial. O principal envoltório das fibras nervosas é a bainha de mielina, que funciona como isolante elétrico. Quando envolvidos por bainha de mielina, os axônios são denominados fibras nervosas mielínicas, na ausência de mielina, denominam-se fibras nervosas amielínicas. Ambos os tipos ocorrem no SNC e no SNP, sendo a bainha de mielina formada por células de Schwann no periférico e por oligodendrócitos no central.

Por ser isolante, a bainha de mielina permite a condução mais rápida do impulso nervoso. Ao longo dos axônios mielínicos, os canais de sódio e potássio sensíveis à voltagem, encontram-se apenas próximo do nódulo de Ranvier, a condução do impulso nervoso é saltatória, ou seja, os potenciais de ação só ocorrem nesse nódulo. Quanto maior o nódulo, a espessura do axônio e da mielina, mais rápida é a condução. No caso das fibras amielínicas, o impulso é conduzido mais lentamente, pois o conjunto de canais de sódio e potássio sensível à voltagem, fica impedido da condução saltatória.

*Tabela 02 – Classificação das Fibras Nervosas.*

<i>Grupo</i>	<i>Diâmetro da Fibra</i>	<i>Vel. de Condução: m/seg.</i>	<i>Fibras Nervosas Mielinizadas</i>
A	10 – 20	60 – 120	Fibras eferentes destinadas à musc. estriada
A	07 – 15	40 – 90	Fibras aferentes da pele (sensibilidade táctil)
A	04 – 08	30 – 45	Fibras eferentes para fusos musculares
A	03 – 05	05 – 25	Fibras aferentes da pele (sensib. térmica)
B	01 – 03	03 – 15	Fibras pré- ganglionares do SNA
<i>Fibras Nervosas Amielinizadas</i>			
C	0,3 – 01	03 – 15	Fibras pós- ganglionares do SNA

*Fonte: Weineck, 1990:36.*

Logo após sair do tronco encefálico, da medula espinhal ou de gânglios sensitivos, as fibras nervosas motoras (eferentes) e sensitivas (aferentes) reúnem-se em feixes que associam-se à fibras colágenas, constituindo nervos.

### 2.2.5.6 Os Nervos

Os nervos ligam a periferia do corpo com o SNC e podem ser *aferente* (sensitivo) e *eferente* (motor), este ainda pode se subdividir em: *somáticos* (para músculos estriados) e *viscerais* (para glândulas, músculo liso e cardíaco), mas muitos nervos são do tipo *misto*. As fibras nervosas que compõem o nervo estão presas entre si e nos tecidos adjacentes por elementos do tecido conjuntivo denominados: *endoneuro* (constituído de fibrilas colágenas, de colágeno tipo III, e contendo capilares sanguíneos e linfáticos para a nutrição das fibras); *perineuro* (composto de tecido conjuntivo denso ordenado e células epiteliais lameladas, envolvendo feixes

constituídos de várias fibras nervosas, além de proteger o nervo contra distensão); e *epineuro* (que envolve todos os feixes de fibras nervosas para formar o feixe principal).

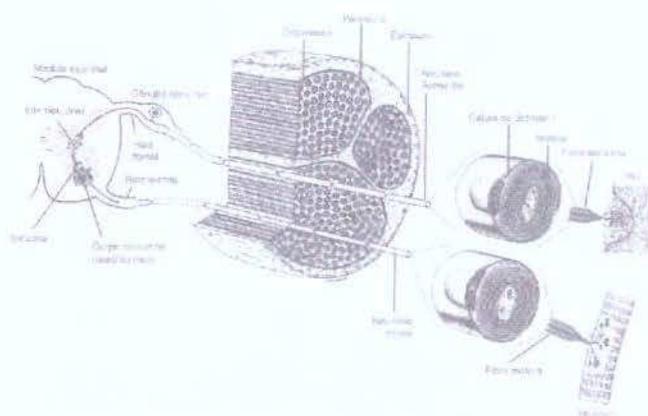


Figura 26 – Representação Esquemática de um Nervo Misto. A fibra sensitiva parte da pele e a fibra motora dirige-se ao músculo estriado esquelético.  
Fonte: Junqueira e Carneiro, 1999:146.

### 2.2.5.7 Aspectos do Controle Neuromuscular

O corpo necessita de um sistema que dê informações sobre as condições e características de mudança do sistema músculo-esquelético e outros tecidos. Hamill e Knutzen (1999:123) descrevem que:

*há sensores biológicos que colhem informações sobre eventos como alongamento, calor, pressão, tensão ou dor no músculo; esses sensores enviam informações para a medula espinhal, na qual a informação é processada e utilizada pelo SNC no ajuste ou iniciação da resposta motora dos músculos.*

Os mesmos autores ainda analisam que os principais receptores sensoriais para o sistema músculo-esquelético são os proprioceptores, que transformam a distorção mecânica no músculo ou articulação, em impulsos nervosos para a medula e estimulam a conseqüente resposta motora. Os proprioceptores encontrados nas estruturas musculares e importantes para o estudo são: *fusos neuromusculares* e *órgãos tendinosos de Golgi* (OTG).

Guyton e Hall (1998:347) explicam que o papel destes receptores musculares no controle adequado da contração muscular faz-se através de um sistema de *feedback* sensorial contínuo, no qual são levadas informações de cada músculo a cada instante à medula espinhal.

### 2.2.5.7.1 O Fuso Neuromuscular

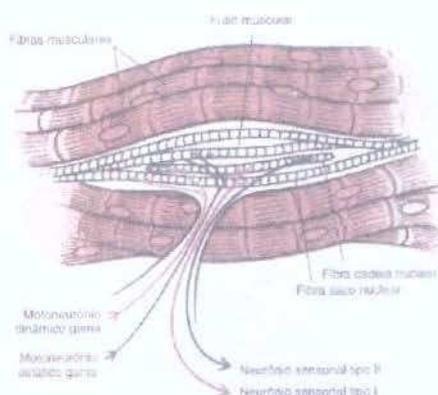
“Os fusos neuromusculares são pequenas estruturas em forma de fusos situados nos ventres dos músculos estriados esqueléticos, dispendo-se paralelamente com as fibras destes músculos, as fibras extrafusais” (Machado, 2003:104).

De acordo com o referencial bibliográfico de Hamill e Knutzen (1999:125), as fibras intrafusais ficam contidas dentro de uma cápsula podendo haver até 12 fibras diferenciando-se em dois tipos: *saco nuclear* e *cadeia nuclear*. Os dois tipos de fibras possuem elementos não contráteis que contêm os núcleos da fibra e as terminações contráteis que podem ser inervadas, criando encurtamento do músculo na recepção do impulso motor. Também ambos os tipos de fibras têm fibras nervosas sensoriais que saem de sua região equatorial ou centro, trocando informações dentro do sistema pela raiz dorsal da medula espinhal.

A fibra saco nuclear possui suas fibras conectando com a cápsula e com o tecido conectivo do músculo e seus pólos contráteis são inervados pelo motoneurônio gama ou fusimotor (geralmente denominado motoneurônio gama dinâmico), menor que o motoneurônio alfa que inerva as fibras musculares. Esses neurônios localizam-se no corno ventral da medula espinhal e misturam-se com os motoneurônios alfa. Cada motoneurônio gama inerva múltiplos fusos musculares.

Saindo da região equatorial da fibra saco nuclear, encontra-se o motoneurônio aferente primário ou Tipo Ia. Há um deste por fuso neuromuscular enviando informações através do corno dorsal para a medula espinhal. Os corpos celulares desses neurônios sensoriais ficam do lado externo da medula espinhal, têm um grande diâmetro e disparam em resposta ao alongamento no músculo.

A fibra cadeia nuclear é menor e possui o núcleo arranjado em fileiras na região equatorial. Esta fibra não conecta-se com a fibra muscular propriamente dita, somente faz conexão com a cápsula do fuso. Suas extremidades são contráteis e inervadas por um motoneurônio gama, às vezes chamada de motoneurônio gama estático. Esta fibra ainda possui dois tipos diferentes de neurônios sensoriais que saem da porção não contrátil da fibra: do meio da fibra sai o neurônio sensorial aferente primário Tipo Ia, idêntico àquele que sai da fibra saco nuclear; e das extremidades polares da fibra, sai um neurônio sensorial aferente secundário ou Tipo II, que percorre o corno dorsal da medula espinhal.



*Figura 27 – Estruturas Envolvendo o Fuso Neuromuscular. Fibras: cadeia e saco nucleares; Fibras musculares; Motoneurônios Gama: dinâmico e estático; e Neurônios Sensoriais Tipo I e II.*

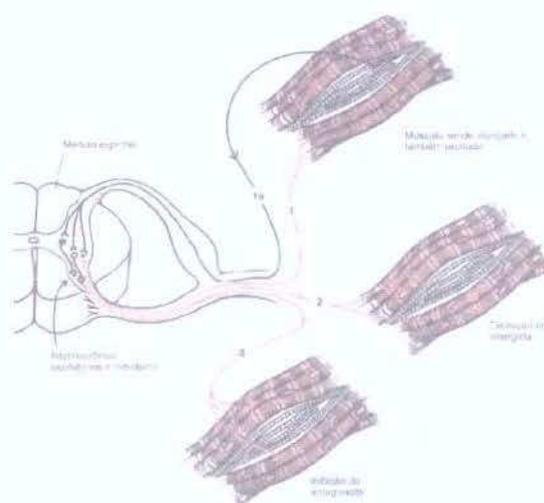
*Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:127.*

Esse neurônio sensorial é estimulado por alongamento no músculo respondendo a um limiar de estiramento mais alto se comparado ao neurônio sensorial Tipo I.

O alongamento da fibra muscular alonga também a porção média nucleada das fibras do fuso neuromuscular que contêm terminações nervosas sensitivas Tipo I espirais e Tipo II trepadeira. As do Tipo I são mais sensíveis ao alongamento ou à mudança no comprimento do músculo devido ao seu limiar mais baixo, sendo, desta maneira, as primeiras a responder ao alongamento muscular. Conforme a rapidez com que o músculo é alongado, os impulsos sensoriais aumentam proporcionalmente à velocidade do alongamento e disparam em uma maior frequência.

No final do alongamento, quando há pausa no movimento, o nível de disparo dos impulsos do Tipo I cai para um nível mais baixo e os disparos mantêm a frequência constante. Isto representa uma resposta estática do alongamento muscular em uma posição fixa.

Quando é imposto o alongamento ao músculo, o neurônio sensorial Tipo I envia impulsos para dentro da medula espinhal e conecta-se com interneurônios gerando um potencial excitatório graduado local que é enviado de volta para o músculo que está sendo alongado. Se o alongamento é vigoroso, um impulso graduado local é enviado de volta para o mesmo músculo com magnitude suficiente para iniciar uma contração por meio dos motoneurônios alfa, esse é o arco reflexo de estiramento (uma contração muscular rápida após alongamento rápido do mesmo grupo muscular). O reflexo de estiramento recruta primariamente fibras musculares de contração lenta.



*Figura 28 – Resposta Reflexiva de Estiramento. A alça do Tipo Ia é iniciada pelo alongamento do músculo. Respondendo proporcionalmente à velocidade do alongamento, o fuso neuromuscular envia impulsos para dentro da medula espinhal pelo neurônio sensorial Tipo Ia. Dentro da medula, existem conexões feitas com interneurônios que produzem potencial graduado local que inibem os músculos antagonistas e excitam os sinérgicos e o músculo em que ocorreu o alongamento. Essa resposta é denominada facilitação autogênica.*

*Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:128.*

A informação que vai para a medula espinhal pelo neurônio sensorial Tipo I é também enviada para cerebelo e áreas somestésicas cerebrais sendo usado como *feedback* sobre o comprimento e velocidade muscular. São feitas conexões adicionais na medula espinhal com interneurônios inibitórios criando inibição recíproca ou relaxamento dos músculos antagonistas. Outras conexões dos interneurônios excitatórios como os motoneurônios alfa dos músculos sinérgicos, são feitas para facilitar sua atividade muscular junto com o antagonista.

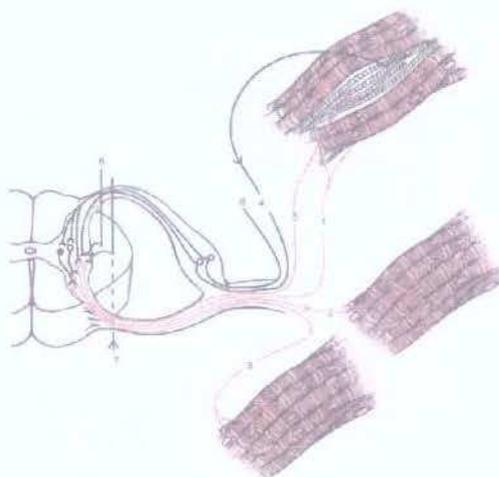
Quando o neurônio aferente secundário ou Tipo II é estimulado, ocorre resposta diferente em relação àquela do neurônio sensorial Tipo I, pois é produzido impulso sensorial em resposta ao alongamento ou mudança no comprimento do músculo, e é um bom indicador de *feedback* sobre o comprimento real do músculo já que seus impulsos sensoriais não diminuem quando o músculo é mantido em posição estacionária. A informação sensorial Tipo II entra na raiz dorsal da medula espinhal e produz potencial graduado local inibitório no mesmo músculo que foi alongado, reduzindo a excitabilidade do músculo e causando o seu relaxamento se o alongamento for substancial. A inervação das extremidades das fibras do fuso pelo motoneurônio gama altera a resposta do fuso neuromuscular consideravelmente. O primeiro efeito importante desta inervação é que o motoneurônio gama não permite que o disparo do fuso cesse quando o músculo está encurtado. Se o músculo encurtou-se sem inervação gama das extremidades do fuso, a atividade

fusal pode ser silenciada devido à remoção do alongamento externo sobre o músculo. Os motoneurônios gama criam contração nas pontas das fibras do fuso, alongando a porção média do fuso da mesma maneira que faria alongamento externo do músculo, este fato é denominado influência gama ou reajuste do fuso muscular.

O segundo impulso principal da inervação dos motoneurônios gama do fuso neuromuscular é o favorecimento indireto dos impulsos motores que são enviados para o músculo pelas vias neuronais alfa. Ele é somado aos impulsos que descem pelo sistema, altera o ganho e aumenta o potencial para ativação completa pelas vias alfa. É um dos principais contribuintes para a coordenação das respostas e padrões dos motoneurônios alfa.

Antecipando o levantamento de qualquer objeto pesado, os motoneurônios alfa e gama estabelecem certo nível de excitabilidade no sistema para acomodar a resistência pesada. Se o objeto erguido é muito mais leve que o esperado, o sistema gama age para reduzir a atividade dos aferentes Tipo I. Ele faz rápido ajuste nas respostas dos motoneurônios alfa para o músculo e reduz o número de unidades motoras ativadas.

Finalmente, o motoneurônio gama é ativado em limiar inferior em relação ao motoneurônio alfa, e, pode, desse modo, iniciar respostas a alterações posturais reajustando o fuso e ativando a resposta alfa. As vias aferentes, a via gama e a alfa fazem parte da alça gama.

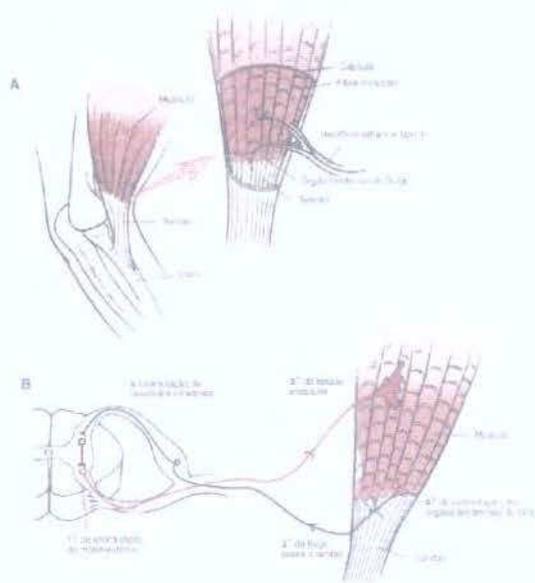


*Figura 29 – A Alça Gama. A alça Tipo Ia, na qual a informação enviada é proveniente do fuso 4, causando inibição 3, e excitação de sinergistas e agonistas 2 e 1 é facilitada pelo impulso proveniente do motoneurônio (5) que inicia uma contração das pontas das fibras fusais, criando um alongamento interno dessas fibras. O motoneurônio gama recebe impulsos pelos centros superiores ou outros interneurônios na medula espinhal (6, 7 e 8).*

*Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:129.*

### 2.2.5.7.2 O Órgão Tendinoso de Golgi

O órgão tendinoso de Golgi (OTG) influencia significativamente na ação muscular, pois, monitora a força ou tensão no músculo. Este órgão está localizado na junção músculo-esquelética e constitui-se de vários fascículos de colágeno em forma de fuso, cercada por uma cápsula que continua para dentro dos fascículos criando compartimentos. As fibras de colágeno do OTG são conectadas diretamente com as fibras extrafusais dos músculos.



*Figura 30 – O Órgão Tendinoso de Golgi. Quando desenvolve-se tensão nesse local, o OTG envia informações para a medula espinhal pelos neurônios sensoriais Tipo II. O impulso sensorial dos OTG facilita um relaxamento do músculo pelos interneurônios que estimulam ou inibem. Essa resposta é conhecida como reflexo de estiramento inverso ou inibição autogênica.*

*Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:130.*

Há dois neurônios sensoriais saindo por um local entre os fascículos de colágeno. Quando o colágeno é comprimido por alongamento ou contração das fibras musculares, as terminações nervosas Tipo Ib dos OTG geram impulso sensorial proporcional à quantidade de deformação gerada neles. A resposta à carga e a velocidade de mudança na carga é linear, pois várias fibras musculares inserem-se em um OTG e qualquer tensão gerada em qualquer um dos músculos gera uma resposta nos OTG. No alongamento do músculo, a tensão no OTG individual é gerada junto com todos os outros OTG no tendão e conseqüentemente a resposta dele é mais sensível à situação de tensão que de alongamento, pois o órgão mede a carga que está sendo suportada em

série com as fibras musculares, mas fica paralelo à tensão desenvolvida nos elementos passivos durante o alongamento. Assim, um limiar mais baixo está presente na contração quando comparado com o alongamento. O OTG gera um potencial graduado local na medula espinhal conhecido como reflexo de estiramento inverso. Se o potencial graduado é suficiente, é produzido relaxamento ou inibição autogênica nas fibras musculares conectadas em série com o OTG estimulado. Fica reduzida a resposta do motoneurônio alfa para os músculos que sofrem um alongamento em alta velocidade ou que estão produzindo resposta de alta resistência.

A resposta do OTG é vista como determinante crítico para os níveis máximos de levantamento no treinamento com peso e pode ser responsável pela ação descoordenada do indivíduo inexperiente em certa atividade interrompendo o músculo na hora inapropriada na seqüência. Os autores descrevem que essa é uma descrição simplista do impacto dos impulsos dos OTG. A resposta dos OTG pode ser inibida em circunstâncias extremas, como quando uma mãe levanta um carro que está em cima de uma criança.

Há informações limitadas sobre os impulsos dos neurônios sensoriais provenientes de receptores articulares colocados dentro e ao redor das articulações sinoviais. As terminações de Ruffini localizam-se na cápsula articular e respondem às mudanças na posição articular e velocidade de movimento da articulação. O corpúsculo de Pacini é outro receptor articular localizado na cápsula e tecido conectivo que responde à tensão criada pelos músculos como a dor dentro da articulação. Esses receptores articulares, assim como outros receptores nos ligamentos e tendões, provêm impulsos contínuos para o sistema nervoso sobre as condições vigentes dentro e ao redor da articulação.



*Figura 31 – Receptores Sensoriais. Corpúsculos de Pacini, Terminações de Ruffini e Terminações Nervosas Livres. Localizam-se na cápsula articular e tecido conectivo, respondem à pressão e às alterações na posição articular; respectivamente. Existem também terminações nervosas livres ao redor das articulações criando sensações de dor. Fonte: Junqueira e Carneiro, 1999:390.*

### 2.2.5.7 O Plexo Braquial

O membro superior é inervado pelo plexo braquial, constituído pelo entrelaçamento das fibras nervosas provenientes dos ramos ventrais dos nervos espinhais de C5 a T1 (raízes). Estes ramos emergem no pescoço entre os músculos escalenos. A partir das raízes formam-se os troncos: *superior* (união das raízes de C5 a C6); *médio* (continuação da raiz de C7) e *inferior* (união das raízes de C8 e T1). Esses troncos dividem-se em fascículos: *medial*, *posterior* e *lateral*. O fascículo medial é formado pela parte anterior do tronco inferior, com fibras de C8 a T1 e origina a raiz medial do nervo mediano, o nervo cutâneo medial do braço, cutâneo medial do antebraço e nervo ulnar. O fascículo lateral é formado pelas partes anteriores dos troncos superior e médio, com fibras de C5, C6 e C7 e origina a raiz lateral do nervo mediano e o nervo músculo cutâneo. O fascículo posterior é formado pelas partes posteriores dos três troncos, com fibras de todas as raízes do plexo e origina os nervos terminais axilar e radial e os nervos subescapulares e tóraco-dorsal

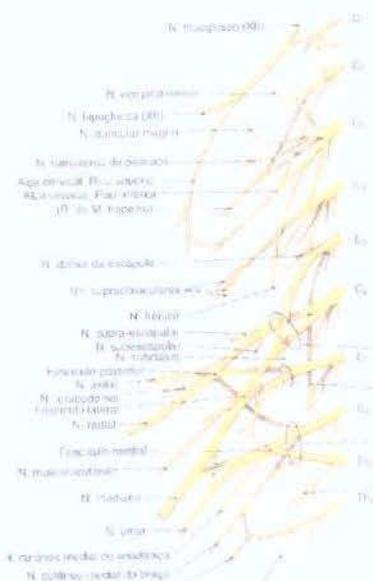


Figura 32 – Plexo Braquial.  
Fonte: Sobotta, 2000:23.

### 2.2.5.8.1 Nervos do Membro Superior

De acordo com o referencial bibliográfico de Hamill e Knutzen (1999:112) o SNC consiste do cérebro e medula espinhal; e o SNP consiste de todos os nervos que situam-se fora da medula espinhal. Há 31 pares de nervos espinhais que entram e saem da medula espinhal em vários níveis vertebrais, dentre os quais, nove nervos inervam os músculos do membro superior.

A informação motora deixa a medula espinal por meio da raiz ventral (anterior) enquanto que a informação sensorial entra na medula espinal através da raiz dorsal (posterior).

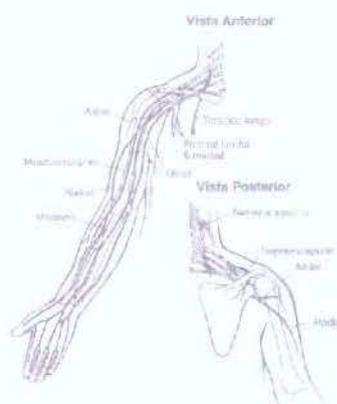


Figura 33 – Nervos do Membro Superior. Vistas: anterior – A e posterior – B, respectivamente.

Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:113.

Analisando o referencial bibliográfico de Dângelo e Fattini (2000) e Kendall e McCreary (1995), obtemos a relação dos nervos e respectivas raízes responsáveis pela inervação dos músculos do ombro, esquematicamente representado pelo autor deste estudo.

Tabela 03 – Músculos, Nervos e Raízes.

Músculos	Nervos	Raízes
Manguito: Subescapular	Escapular Superior e Inferior	C5, C6 e C7
Infra-espinal	Supra-escapular	C4, C5 e C6
Supra-espinal	Supra-escapular	C4, C5 e C6
Redondo Menor	Axilar	C5 e C6
Deltóide	Axilar	C5 e C6
Coracobraquial	Músculocutâneo	C5 e C6
Grande Dorsal	Tóracodorsal	C6, C7 e C8
Trapézio	Porção espinal do nervo craniano XI (acessório) e ramo ventral	C2, C3 e C4
Rombóides	Escapular Dorsal	C4 e C5
Redondos: Maior	Subescapulares	C5, C6 e C7
Peitoral Maior: fibras superiores	Peitoral Lateral	C5, C6 e C7
fibras inferiores	Peitoral Lateral e Medial	C6, C7, C8 e T1
Elevador da Escápula	Cervicais	C3 e C4
	Escapular Dorsal	C4 e C5
Serrátil Anterior	Torácico Longo	C5, C6, C7 e C8
Bíceps Braquial	Musculocutâneo	C5 e C6
Tríceps Braquial	Radial	C6, C7, C8 e T1

Fonte: Adaptado de Dângelo e Fattini (2000); e Kendall e McCreary (1995).

Os nervos que são terminais mistos possuem dermatômos, estes, por sua vez, são “território cutâneo inervado por fibras de uma única raiz dorsal. Nos membros, devido ao grande crescimento de brotos apendiculares durante o desenvolvimento, a disposição dos dermatômos torna-se irregular” (Machado, 2003:112). Um único nervo não possui fibras de uma única raiz, mas várias, logo, cada nervo cutâneo compreende vários dermatômos. Os dermatômos são limitados pelas raízes dorsais dos nervos espinhais e não pelo território sensitivo de um nervo.



Figura 34 – Dermatômos do Membro Superior. Vistas: anterior e posterior, respectivamente.  
Fonte: Sobotta, 2000:219.

### 2.2.5.8 Vascularização

O sistema vascular sangüíneo, segundo a análise de Comarck (1991:331), “basicamente tem a função de conduzir material nutritivo e oxigênio para todas as células do corpo e recolher os produtos residuais do metabolismo celular. É um sistema fechado, constituído por artérias, veias, capilares e o coração, que bombeia o sangue pelo corpo”. Para Junqueira e Carneiro (1999:179):

*artérias são vasos eferentes e que diminuem de calibre à medida que ramificam-se. Capilares são uma rede de túbulos delgados que anastomosam-se<sup>1</sup> profusamente e através de cujas paredes dá-se o intercâmbio entre o sangue e os tecidos. As veias resultam da fusão de capilares e tornam-se cada vez mais calibrosas à medida que aproximam-se do coração.*

#### 2.2.5.9.1 O sangue

Os mesmos autores ainda afirmam que dentro desse sistema vascular, circula o sangue, um líquido composto por *plasma* e por *células* (eritrócitos ou hemáceas, plaquetas e leucócitos,

<sup>1</sup> Anastomose é o ponto de junção de dois vasos sangüíneos ou outras formações tubulares (Ferreira, 1986:93).

estes últimos podem ainda ser classificados em granulócitos ou polimorfonucleares: neutrófilos, eosinófilos e basófilos, e agranulócitos: linfócitos e monócitos).

O plasma é uma solução aquosa que contém proteínas (albuminas, alfa, beta e gamaglobulinas, e fibrinogênio), sais orgânicos, aminoácidos, vitaminas, hormônios, lipoproteínas e glicose. Os eritrócitos possuem hemoglobina, uma proteína básica capaz de ligar-se com o oxigênio nos pulmões (hematose) e conduzi-lo, então, para os tecidos. A hemoglobina também liga-se com o gás carbônico, mas este, em sua maior parte, é transportado nos pulmões dissolvido no plasma. As plaquetas são as células que promovem a coagulação do sangue, evitando hemorragias através da separação das paredes dos vasos sanguíneos. Os leucócitos são células especializadas na defesa do organismo, eles passam entre as células endoteliais dos capilares, processo denominado diapedese, para penetrar no tecido conjuntivo.

#### **2.2.5.9.2 Artérias do Complexo do Ombro**

O sangue, depois de sofrer hematose nos pulmões, chega ao átrio esquerdo do coração através das veias pulmonares, passa para o ventrículo esquerdo e é bombeado para a artéria aorta. Para irrigar o membro superior, “o sangue continua seu trajeto pelo tronco braquiacefálico, artéria subclávica direita e finalmente, a artéria axilar” (Dângelo e Fattini, 2000:341).

A artéria subclávica atravessa o canal cérvico-axilar, juntamente com a veia axilar e plexo braquial dividindo-se em três porções. A primeira porção situa-se entre a borda externa da 1ª costela e a borda medial do músculo peitoral menor, trata-se da artéria torácica suprema que irriga os músculos do primeiro espaço intercostal. A segunda porção é posterior ao peitoral menor e divide-se em artéria torácica lateral que nutre a mama e artéria tóraco-acromial, esta última subdivide-se em ramos acromial (que ramifica-se sobre o acrômio), clavicular (que irriga o músculo subclávio), peitoral (que irriga os peitorais menor e maior) e deltóide (que passa pelo sulco entre o músculo deltóide e o músculo peitoral). A terceira porção estende-se da borda lateral do peitoral menor à borda inferior o músculo redondo maior e divide-se em artéria circunflexa anterior do úmero (contorna o colo cirúrgico do úmero anteriormente), artéria circunflexa posterior do úmero (irriga o músculo deltóide) e a artéria subescapular, esta última divide-se em artéria toracodorsal (que chega ao músculo grande dorsal) e artéria circunflexa da escápula (que contorna a borda lateral da escápula e ramifica-se na fossa infra-espinhal).

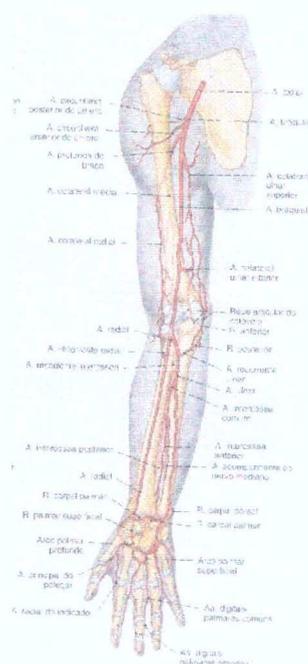


Figura 35 – Artérias do Membro Superior. Vista anterior.  
Fonte: Sobotta, 2000:220.

A partir da borda inferior do músculo redondo maior, a artéria axilar passa a denominar-se artéria braquial. Esta é mais superficial no contorno medial do braço podendo ser comprimida contra o úmero na sua parte mais superior, seguindo medialmente ao bíceps braquial que recobre-a parcialmente. A artéria braquial emite ramos responsáveis pela irrigação dos músculos do braço, articulação do cotovelo e úmero.

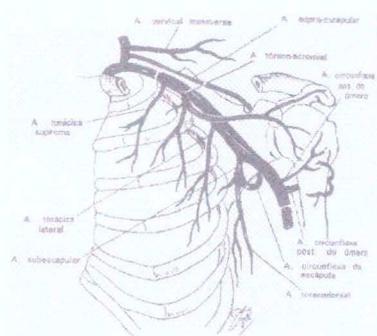


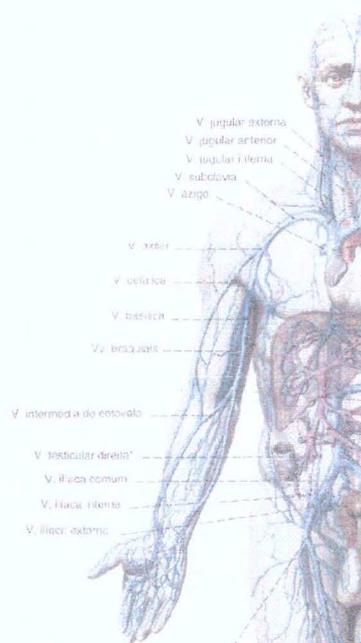
Figura 36 – Artéria Axilar e seus Ramos. Ilustradas também algumas artérias que fornecem ramos para o ombro e originam-se na artéria subclávia.  
Fonte: Dângelo e Fattini, 2000:342.

### 2.2.5.9.3 Veias do Complexo do Ombro

Analisando o referencial bibliográfico dos autores, sabe-se que as veias do membro superior são divididas em dois grupos: *veias superficiais* e *veias profundas*.

Entre as veias superficiais que passam pelo complexo do ombro estão a veia cefálica e a basílica. Gray e Goss (1998, p. 573) descrevem que a veia cefálica começa na parte radial da rede venosa dorsal da mão e dirige-se proximalmente, contornando a borda radial do antebraço, correndo ao nível do complexo do ombro, no sulco entre os músculos peitoral maior e deltóide, atravessa a fâscia clavipeitoral cruzando a artéria axilar e termina na veia axilar, na vista caudal em relação à clavícula. Os mesmos autores ainda analisam que a veia basílica inicia-se na parte ulnar da rede venosa dorsal, dirigindo-se proximalmente na superfície posterior do lado ulnar do antebraço e inclinando-se para a parte anterior, na posição distal em relação ao cotovelo unindo-se à veia mediana do cotovelo.

Dângelo e Fattini (2000, p. 351) acrescentam que na metade do braço ela perfura a fâscia profunda acompanhando a artéria braquial junto com as veias braquiais, e, ao nível da borda do músculo redondo maior, une-se àquelas veias para formar a veia axilar. Em relação às veias profundas, com exceção da veia axilar, estas são duplas e acompanham as artérias com o mesmo nome e trajeto, não havendo, portanto, necessidade de descrevê-las. O único ponto que merece atenção refere-se à veia axilar. A veia axilar começa na junção da veia basílica com as braquiais, próximo da borda distal do redondo maior e termina na borda externa da primeira costela passando a denominar-se veia subclávia.



*Figura 38 – Veias do Membro Superior. Vista anterior.  
Fonte: Sobotta, 2000:15.*

Neste primeiro momento do estudo, estivemos em contato com a anatomia do complexo do ombro: tecido ósseo, mole (muscular, nervoso,...), e observamos quais as estruturas mais suscetíveis às lesões nesse complexo. Ainda estaremos observando outro aspecto relevante do complexo para o objeto de estudo, a articulação, pois “através de sua função e estrutura, o movimento de um segmento pode ser potencializado” (Hamill e Knutzen, 1999:54).

### 3 ARTICULAÇÕES DO COMPLEXO DO OMBRO

Como citado anteriormente, o potencial de movimento de um segmento é determinado pela estrutura e função da articulação. Há contribuição, a partir de um certo grau de amplitude, de uma ou mais articulações para o movimento e a combinação coordenada desses movimentos possibilita a execução de tarefas amplas e complexas.

Amheim e Prentice (2002:488) descrevem que há quatro principais articulações associadas ao complexo do ombro: *acromioclavicular*, *esternoclavicular*, *escápulotorácica*, e *glenoumeral*. As articulações podem ser divididas em: “diartrodial ou sinovial, sinartrodiais ou fibrosas e ainda anfiartrodiais ou cartilaginosas. A articulação diartrodial proporciona uma articulação com baixa fricção capaz de suportar uso e desgaste significativos; a sinovial ” (Hamill e Knutzen, 1999:54). As características de todas as articulações diartrodiais são similares e devido a isso é importante observar alguns componentes deste tipo de articulação para o conhecimento de sua função, suporte e nutrição.

#### 3.1 Articulação Diartrodial

De acordo com o referencial bibliográfico de Hamill e Knutzen (1999), a placa terminal articular é uma camada fina de osso compacto sobre o osso esponjoso que faz o contorno das pontas dos ossos e sobre a placa terminal está a cartilagem articular, um tecido conectivo firme que contorna as pontas dos ossos.

A cartilagem articular é cartilagem hialina, uma substância avascular com 60% a 80 % de água e uma matriz sólida composta de colágeno e gel proteoglican (sic!). A cartilagem não tem

suprimento sanguíneo e é nutrida pelo líquido que há dentro da articulação e é muito importante para a estabilidade e função da articulação já que ela distribui as cargas sobre a superfície e reduz pela metade os estresses causados pelos movimentos, permitindo que estes sejam entre dois ossos com o mínimo de atrito e desgaste entre os ossos.

Outra característica importante da articulação diartrodial é a cápsula, pois este tecido conectivo fibroso de colágeno protege e define a articulação, criando a porção inter-articular que possui cavidade articular com pressão atmosférica reduzida. Embora as cargas dos tecidos moles sejam difíceis de computar, a cápsula sustém parte da carga imposta sobre a articulação.

Qualquer imobilização da cápsula altera as propriedades mecânicas do tecido capsular resultando, possivelmente, em rigidez articular, desse modo, lesão na cápsula geralmente acarreta no desenvolvimento de secção espessa ou fibrosa, que pode ser palpável externamente.

As estruturas finais de importância dentro e ao redor da articulação diartrodial são os ligamentos, “eles respondem às cargas impostas e tornam-se mais fortes e rígidos com o tempo, compressões e tensões intermitentes aprimoram a força dos ligamentos principalmente na inserção óssea” (Arnheim e Prentice, 2002:185).

No final da amplitude de movimento para cada articulação há geralmente tensionamento de ligamento para terminar o movimento. “Como a função dos ligamentos é estabilizar, controlar e limitar o movimento articular, qualquer lesão do ligamento influi na mobilidade articular” (Hamill e Knutzen, 1999:57).

Dentre as articulações diartrodiais do complexo do ombro encontra-se a *acromioclavicular* (tipo plana), *esternoclavicular* (tipo sela) e a *glenoumeral* (tipo bola-e-soquete). A articulação escapulotorácica, como veremos adiante, é considerada uma articulação funcional.

### 3.2 Articulação Acromioclavicular

A articulação acromioclavicular é formada pela extremidade distal da clavícula e pela margem interna do acrômio, é classificada por Hamill e Knutzen (1999:149) como uma articulação plana, pois suas superfícies articulares são planas.

Kapandji (2000:58) descreve ainda que o acrômio, além de possuir superfície articular plana, esta é ligeiramente convexa na sua margem ântero-interna e orientada para frente, para dentro e para cima; e a superfície articular da clavícula é plana e também ligeiramente convexa,

orientada para baixo, para trás e para fora. O mesmo autor ainda analisa que há, nas superfícies articulares, fibrocartilagem.

Cailliet (2000:52) compara esta fibrocartilagem a um menisco fibroso durante a segunda década de vida. Neste período da vida, as superfícies articulares encontram-se lisas e brilhantes como fosse uma articulação sinovial; a partir dos vinte anos de idade, ocorrem alterações degenerativas rápidas dessa estrutura articular em virtude das repetidas forças de tração rotatória aplicadas pelos movimentos do braço.

A articulação acromioclavicular possui uma cápsula articular fina e fraca sendo reforçada pelos ligamentos acromioclaviculares superior e inferior. Para Cailliet (2000:52), “tais ligamentos impedem o deslocamento posterior da clavícula sobre o acrômio”.

Os ligamentos coracoclaviculares, que ligam o processo coracóide da escápula com a face superior externa da clavícula, são resistentes, espessos e importantes na função estabilizadora, trata-se do ligamento conóide e trapezóide.

O ligamento conóide ocupa posição interna e posterior em relação ao ligamento trapezóide, “prendendo firmemente a escápula à clavícula, evitando assim, a rotação em sentido coronal” (Cailliet, 2000:53).

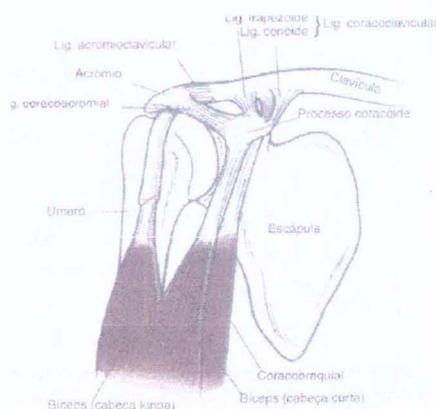


Figura 38 – Ligamentos Acromioclaviculares e Coracoclaviculares (conóide e trapezóide).

Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:151.

Levangie e Norkin (2001:217) ressaltam que os ligamentos coracoclaviculares limitam a rotação externa da escápula na elevação do braço. Estes autores ainda explicam que o ligamento conóide torna-se tenso quando a escápula é rodada externamente e esta tensão comprime a clavícula anterior e inferiormente através da ligação pósterio-inferior do ligamento conóide na clavícula, logo, o processo coracóide também é comprimido para baixo causando rotação

posterior da clavícula em torno de seu eixo longitudinal. Esta rotação move a extremidade distal da clavícula mantendo fixação relativa do ângulo escápulo-clavicular e ainda é responsável por 30° adicionais de rotação externa da escápula, necessária na elevação do braço. Para estes autores, a rotação está entre 30° e 55°, para Kapandji (2000:62) essa rotação é de 45°.

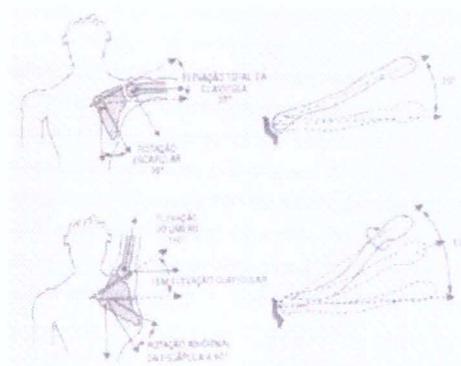


Figura 39 – Movimento de rotação da clavícula e sua relação com a amplitude escapuloumeral completa. Figura superior: elevação de 30° da clavícula sem rotação. Figura inferior: rotação externa da escápula de 30° adicionais, imperativos na amplitude escapuloumeral completa, devido à rotação da clavícula.

Fonte: Cailliet, 2000:55.

Cailliet (2000:53) mostra-nos abaixo a posição dos ligamentos trapezóide e conóide quando a escápula encontra-se em repouso (figura da esquerda); em seguida, a elevação parcial da clavícula sem rotação, mantendo constante sua relação com a escápula (figura do meio); e por fim, quando a clavícula é totalmente elevada com rotação em torno de seu eixo devido à depressão do processo coracóide conseqüente à rotação externa da escápula, contudo mantendo a fixação com a escápula (figura da direita).

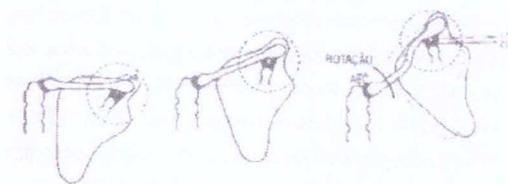


Figura 40 – Ação dos Ligamentos Coracoclaviculares sobre a Articulação Acromioclavicular.

Fonte: Cailliet, 2000:53.

“Na elevação do braço acima da cabeça, a partir de 90°, os primeiros 30° de elevação da clavícula ocorrem na articulação esternoclavicular e os 30° seguintes ocorrem na articulação acromioclavicular” (Cailliet, 2000:54). Kapandji (2000:62) acrescenta que na adução do braço, tomando como referência a escápula e além de 45° de rotação da clavícula, a elevação da

clavícula, na sua extremidade proximal, é de cerca de 10° e a abertura no ângulo entre a clavícula e a escápula é de cerca de 70°. Na flexão do braço ocorrem movimentos semelhantes, porém menos acentuados. Na extensão do braço, o ângulo entre a escápula e a clavícula fecha-se cerca 10° e durante a rotação interna do braço, este mesmo ângulo abre-se 13°.

### **3.3 Articulação Esternoclavicular**

De acordo com o referencial bibliográfico de Hamill e Knutzen (1999:148), o único ponto de ligação do membro superior com o tronco ocorre na articulação esternoclavicular. É formada pelo encontro da extremidade proximal da clavícula na fossa existente na margem lateral superior do manúbrio do esterno e na cartilagem da primeira costela. A articulação esternoclavicular é do tipo sela.

Kapandji (2000:54) explica que a curva côncava da superfície articular da clavícula encaixa com facilidade na curva convexa na superfície articular do esterno. Hamill e Knutzen (1999:148) descrevem que os movimentos da clavícula na articulação esternoclavicular ocorrem em três direções, dando a ela três graus de liberdade. A clavícula pode mover-se para cima e para baixo em movimento de elevação e depressão, respectivamente. Esse movimento ocorre entre a clavícula e o menisco na articulação esternoclavicular e tem amplitude de aproximadamente 30° a 40°.

A clavícula pode mover-se também anteriormente e posteriormente através de movimentos denominados: protração e retração, respectivamente. Esse movimento ocorre entre o esterno e o menisco na articulação através de uma amplitude de aproximadamente 30°. Finalmente, a clavícula pode também rodar anterior e posteriormente em seu eixo longo através de aproximadamente 40° a 50°.

Kapandji (2000:56) descreve que a articulação esternoclavicular possui dois eixos e dois graus de movimento. O autor descreve que esta rotação no eixo longitudinal da clavícula na articulação referida tem 30° de amplitude e trata-se de uma rotação conjunta durante a rotação ao redor de dois eixos, ou seja, este movimento não ocorre isoladamente fora de um movimento de retração-elevação ou depressão-protração, por esta razão, só possui dois graus de movimento. O mesmo autor ainda refere-se aos movimentos de elevação com alcance de 10 centímetros e depressão de 03 centímetros, sendo a protração com alcance de 10 centímetros e a retração de 03

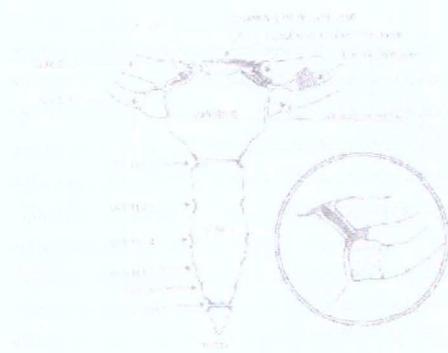
centímetros. Hamill e Knutzen (1999:151) descrevem que as estruturas ligamentosas são de suma importância para a estabilidade da articulação, além disso, a cápsula articular e os ligamentos são reforçados pelos tendões dos músculos esternocleidomastoídeo aí inseridos.

Os ligamentos capsulares, que são espessamentos da cápsula, cobrem a face ântero-superior e posterior da articulação. Os ligamentos esternoclaviculares anterior e posterior unem a clavícula ao esterno. O esternoclavicular anterior é mais resistente que o posterior e é coberto pelo tendão do músculo esternocleidomastoídeo. O ligamento esternoclavicular posterior une-se com os tendões dos músculos esternotireóide e esterneoióide; este último ligamento em ação conjunta com o ligamento costoclavicular limita a protração e o ligamento esternoclavicular anterior limita a retração.

Os ligamentos costoclaviculares unem a face superior da primeira costela à face inferior da extremidade proximal da clavícula. Além de limitar a protração, Kapandji (2000:56) descreve que o ligamento costoclavicular, juntamente com o músculo subclávio, estabiliza a extremidade proximal da clavícula que desliza para baixo e para fora quando a extremidade distal eleva-se, durante a elevação do braço.

Levangie e Norkin (2001:217) analisam que enquanto os ligamentos coracoclaviculares restringem a rotação externa da escápula, a articulação esternoclavicular sofre tensão no ligamento costoclavicular, o qual limita a elevação adicional da clavícula.

As clavículas são conectadas através de ligamentos interclaviculares chatos que estendem-se de uma clavícula à outra, presos à margem superior do esterno. Estes ligamentos limitam o movimento articular juntamente com os ligamentos costoclaviculares e o músculo subclávio.



*Figura 41 – Estruturas Estabilizadoras da Articulação Esternoclavicular.  
Fonte: Cailliet, 2000:56.*

O tensionamento do ligamento trapezóide e do conóide (ligamentos acromioclaviculares) causa a rotação da clavícula para cima. Quando o ligamento conóide estica-se, a fixação da clavícula torna-se um eixo para a rotação para cima na articulação esternoclavicular.

Além dos ligamentos presentes nesta articulação, há um disco intra-articular que também ajuda na função estabilizadora. Cailliet (2000:55) especifica que este disco, localizado entre a fossa do manúbrio esternal e a clavícula, insere-se no aspecto medial da 1ª costela, como observamos na figura 42.

O autor prossegue afirmando que este disco serve como dobradiça para o movimento e para amortecimento de choques das forças aplicadas através do braço; é uma estrutura fibrosa muito densa que funde-se com os ligamentos capsulares opondo-se ao deslocamento do terço medial da clavícula.

Da análise conclui-se que, mecanicamente, a articulação esternoclavicular move-se em circundução em todos os movimentos da extremidade superior e que, apesar disso, esta articulação raramente sofre alterações degenerativas quando comparada com a articulação acromioclavicular. Torna-se claro que os movimentos ocorridos na clavícula, através das articulações escapulotorácica e acromioclavicular, funcionam como mecanismo do complexo articular do ombro responsável pelo alcance de amplitude total de movimento e somente com integridade funcional destas articulações é possível que um nadador realize a técnica eficiente de nado já que os movimentos da natação exigem amplitude.

### **3.4 Articulação Escapulotorácica**

Diversos autores concordam que a articulação escapulotorácica não é uma articulação verdadeira, mas sim uma articulação funcional ou fisiológica, isto porque não há estruturas ósseas em contato e depende das partes moles para manter sua relação com a parede torácica. Hamill e Knutzen (1999:149) descrevem que “grande quantidade de movimento ocorre entre a fâscia do músculo serrátil anterior e fâscia do tórax”.

Os mesmos autores ainda analisam que a escápula move-se ao longo do tórax como conseqüência de ações nas articulações acromioclavicular e esternoclavicular e a amplitude de movimento total para a articulação escapulotorácica é de aproximadamente 60° de movimento para 180° de abdução ou flexão de braço. Aproximadamente 65% dessa amplitude de movimento

são resultados de movimento ocorrendo na articulação esternoclavicular e 35% do movimento ocorre resultado do movimento na articulação acromioclavicular. Smith, Weiss e Don Lehmkuhl (1997:262) afirmam que:

*a movimentação da articulação escapulotorácica fornece uma base móvel para o úmero aumentando a amplitude de movimento do braço; mantém relações favoráveis de comprimento-tensão para o músculo deltóide funcionar acima de 90° de elevação do braço; fornece estabilidade glenoumeral para trabalho na posição acima da cabeça, (...); e fornece função de amortecedor para forças aplicadas no braço esticado.*

Para Cailliet (2000:48), a escápula é movimentada pela ação de vários músculos nela inseridos, entretanto, nos movimentos do braço, a principal função reside nos músculos trapézio e serrátil anterior. Este último, para Kapandji (2000:48), estende-se da margem interna escapular até a parede ântero-lateral do tórax, e, para Smith, Weiss e Don Lehmkuhl (1997:273), sem ele, o braço não pode ser elevado acima da cabeça.

Levangie e Norkin (2001:216) analisam que por a articulação escapulotorácica fazer parte de uma cadeia fechada, os movimentos da escápula ocorrem somente com mobilidade das articulações esternoclavicular e acromioclavicular.

Os movimentos da escápula são: *elevação, depressão, protração e retração* (abdução e adução respectivamente). Na elevação, a extremidade distal da clavícula e o acrômio movem-se superiormente por aproximadamente 60°; na depressão, estas mesmas estruturas movem-se inferiormente por cerca de 05° a 10°. “A partir de uma elevação máxima o movimento de depressão do complexo do ombro é capaz de elevar o tronco 10 a 15 centímetros” (Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:263).

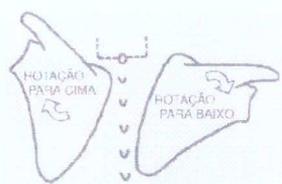
Kapandji (2000:50) refere-se a estes movimentos como ascenso e descenso com amplitudes totais de 10 a 12 centímetros e acrescenta que estes movimentos são acompanhados necessariamente de uma rotação escapular.



Figura 42 – Movimentos de Elevação e Depressão da Escápula a partir da Posição de Repouso.

Fonte: Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:263.

Quando a extremidade distal da clavícula e a escápula movem-se anteriormente em torno da caixa torácica com as bordas mediais escapulares movendo-se para fora, tem-se movimento designado de protração ou abdução escapular. Quando as bordas mediais escapulares aproximam-se da linha média com movimento posterior da extremidade distal da clavícula e da escápula, tem-se a retração ou adução escapular. “A amplitude total entre estas duas posições extremas é de 15 centímetros” (Kapandji 2000, p. 50).



*Figura 43 – Movimento de Rotação para cima e para baixo da Escápula.  
Fonte: Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:263.*

Kapandji (2000:52) descreve que durante a abdução do complexo do ombro, a escápula realiza quatro movimentos: elevação de 08 a 10 centímetros; rotação externa de 38° quando a abdução do membro superior passa de 0° a 145°; deslocamento do ângulo inferior para frente e para cima de 23° durante a abdução de 0° a 45°; deslocamento da glenóide para trás em cerca de 10° durante a abdução de 0° a 90° e a partir dos 90° de abdução a glenóide volta a deslocar-se para cima 06°, mas não recupera sua orientação inicial no plano ântero-posterior.

### **3.4.1 Ritmo Escapuloumeral**

“O ritmo escapuloumeral descreve o movimento da escápula em relação ao movimento do úmero através de amplitude plena de abdução” (Arnheim e Prentice, 2002:492). Cailliet (2000:55) analisa que para realizar movimento no complexo do ombro de forma coordenada e suave, atingindo amplitude total de movimento, essencialmente sem esforço, é necessário participação tanto da escápula quanto do úmero. Isto implica integridade das estruturas articulares de todas as articulações envolvidas no complexo do ombro, bem como dos músculos e suas inervações.

“Os movimentos da escápula, clavícula e úmero trabalhando em conjunto a fim de atingir toda a elevação do braço é chamado de ritmo escapuloumeral” (Kreighbaum e Barthels, 1996:176).

No início, como descreve Cailliet (2000:56), afirmava-se simplesmente que o ritmo escapuloumeral tinha uma razão de 2:1, ou seja, a cada 02° de movimento na articulação glenoumeral ocorreria 01° de movimento na escapulotorácica; a princípio esta razão ocorreria em toda a amplitude de elevação do braço. Depois do aparecimento de novas pesquisas, esclareceu-se que a razão 2:1 não mantém-se em todos os graus de elevação.

O mesmo autor analisa que durante os primeiros 15° a 30° de abdução, a escápula permanece praticamente fixa. “Outras investigações observaram que os movimentos não são tão lineares quanto implica a razão 2:1 e que há variação nos padrões” (Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:272). “As diferenças individuais (sexo, movimento com ou sem resistência, mobilidade da cápsula glenoumeral,...) resultam em similares qualitativas e diferenças quantitativas” (Levangie e Norkin, 2001:216).

Cailliet (2000:57) demonstra através da figura a seguir o ritmo escapuloumeral em seu padrão mais usado. Na representação esquemática da esquerda, a escápula e o úmero estão em posição de repouso, ambos em 0°. Ao centro, há abdução do braço de 90°, devido à 30° de rotação externa da escápula e 60° de movimento na glenoumeral (razão 2:1). Na representação à direita há elevação completa do braço, com 60° de movimento da escápula e 120° de movimento da glenoumeral.

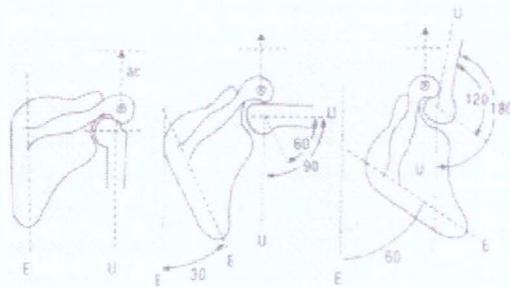


Figura 44 – Ritmo escapuloumeral. Representação esquemática dos movimentos da articulação glenoumeral e da escápula durante a elevação do braço.

Fonte: Cailliet, 2000:57.

Kapandji (2000:74) ressalta que de 150° a 180° de flexão do complexo do ombro há contribuição da coluna vertebral no sentido de inclinação lateral (durante a abdução) e hiperlordose lombar (durante a flexão). É importante lembrar que “para a realização da amplitude total de elevação do braço exige rotação externa do ombro para abdução e rotação interna do mesmo para flexão” (Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:273). O ritmo escapuloumeral ocorre para que haja mobilidade do complexo do ombro. Se uma ou mais estruturas que compreendem

este complexo não estão íntegras por algum motivo (excesso de uso articular, sobrecarga, alteração postural, frouxidão ligamentar,...) ocorrerá desequilíbrio articular e conseqüente lesão.

### 3.5 Articulação Glenoumeral

Arnheim e Prentice (2002:489) descrevem que:

*a articulação glenoumeral, considerada a articulação do complexo do ombro, é uma articulação enartrodial ou tipo bola-e-encaixe, na qual a cabeça redonda do úmero articula-se com a cavidade glenóide rasa da escápula. A articulação glenoumeral é mantida por um mecanismo tanto passivo quanto ativo: o primeiro está relacionado ao lábio glenóide e aos ligamentos escapulares; já o segundo está relacionado aos músculos deltóide e do manguito rotador.*

“Considera-se a articulação glenoumeral como a mais freqüentemente envolvida na dor e na disfunção do complexo do ombro” (Cailliet, 2000:27). “A articulação glenoumeral é usualmente descrita contendo três graus de liberdade: flexão e extensão, abdução e adução e rotação medial e lateral” (Levangie e Norkin, 2001:209). Kapandji (2000:12) descreve o movimento de flexão e extensão horizontal e Kendall e McCreary (1995:17) referem-se ao mesmo movimento como abdução e adução horizontal.

A flexão e a extensão são movimentos realizados no plano sagital ao redor do eixo transversal. A flexão realizada puramente na glenoumeral, para Kapandji (2000:76), tem amplitude de 50° a 60°, a partir daí há contribuição da escápula de 60° a 120° e posteriormente da coluna vertebral de 120° a 180°. Este autor explica que a flexão glenoumeral está limitada por dois fatores: tensão no ligamento córaco-umeral (contido na cápsula articular) e resistência dos músculos redondo menor e maior e infra-espinhal.

Para Kendall e McCreary (1995:17) a flexão glenoumeral atinge amplitude de 120° e os 60° restantes são alcançados com a abdução e rotação lateral da escápula que possibilitam que a cavidade glenóide volte-se anteriormente. A extensão tem “alcance de 45°” (Kendall e McCreary, 1995:17) “a 50°” (Levangie e Norkin, 2001:209). Os movimentos de abdução e adução ocorrem no plano frontal ao redor do eixo ântero-posterior. A adução só é possível quando há leve flexão do braço e, para Kapandji (2000:14), este tem amplitude de 30° a 45°. “A adução pode ser mais

facilmente julgada pela capacidade de alcançar com a palma da mão o topo do ombro oposto e tem cerca de 40° de alcance” (Kendall e McCreary, 1995:17).

Kapandji (2000:16) descreve o movimento de abdução que ocorre puramente na articulação glenoumeral com amplitude de 0° a 60°, a partir de 60° até 120° há participação da articulação escapulotorácica e de 120° a 180°, além da contribuição destas duas últimas articulações, ocorre inclinação do lado oposto do tronco.

“A abdução do úmero é limitada pela compressão de seu tubérculo maior contra o acrômio e o ligamento coracoacromial, que ocorre na abdução de 90° com o úmero de frente para o plano sagital” (Cailliet, 2000:47). Levangie e Norkin (2001:209) explicam que o alcance máximo de abdução na glenoumeral é motivo de discórdia entre muitos autores e varia de 90° a 120°, entretanto, há consenso que o alcance da abdução do úmero no plano frontal será diminuído se o úmero estiver em rotação medial.

As rotações medial e lateral ocorrem no plano sagital sob o eixo longitudinal e é medida, segundo Kapandji (2000:18), a partir da posição anatômica com o cotovelo fletido a 90° desde que o antebraço esteja no plano sagital. Para Kendall e McCreary (1995:17), avalia-se as rotações medial e lateral a partir da posição na qual o complexo do ombro está abduzido a 90°, o cotovelo fletido a 90° e o antebraço em ângulo reto com o plano coronal.

Levangie e Norkin (2001:209) explicam que o alcance de rotação varia com a posição do úmero: com o braço pendente ao lado do corpo, a rotação medial e lateral é limitada até 50° de movimento, abduzindo o úmero a 90° o arco de rotação chega a 120° de alcance.

As autoras ainda acrescentam que esta limitação de amplitude de rotação ocorre pelo impacto da tuberosidade menor do úmero na cavidade glenóide na rotação medial quando o braço não é abduzido a 90° e do tubérculo maior do acrômio na rotação lateral. Abduzindo o braço, não há processos ósseos restringindo o movimento e apenas a cápsula articular e os músculos são obstáculos.

Para Kendall e McCreary (1995:17):

*quando o braço é abduzido ou fletido a partir da posição anatômica, a rotação lateral continua a ser livre, porém, a rotação medial é limitada. Quando o braço é aduzido ou estendido, a amplitude de rotação medial permanece livre e a da rotação lateral diminui.*

Cailliet (2000:47) explica que a elevação do braço acima da cabeça até  $120^\circ$  exige abdução e rotação simultâneas do úmero, desta forma, a amplitude de movimento da articulação glenoumeral é resultado da combinação de vários movimentos coordenados e simultâneos.

As estruturas articulares que compõem a articulação glenoumeral são a cabeça do úmero e a cavidade ou fossa glenóide. Levangie e Norkin (2001:210), assim como tantos outros autores, analisam que estas estruturas possuem superfícies incongruentes, já que a cabeça convexa do úmero tem superfície substancialmente maior e raio de curvatura diferente da cavidade glenóide côncava.

Cailliet (2000:31) assegura que a cavidade glenóide não serve para assentar a cabeça articular do úmero. Kapandji (2000:32) compara a cabeça do úmero com um terço de esfera de 30 milímetros de raio e acrescenta que esta esfera é irregular devido ao seu diâmetro vertical ser 03 a 04 milímetros maior do que seu diâmetro ântero-posterior.

O mesmo autor ainda explica que a cabeça do úmero possui: inclinação de aproximadamente  $135^\circ$ , ângulo formado entre o eixo longitudinal e o eixo epifisiário; retroversão da ordem de  $20^\circ$  a  $30^\circ$ ; e o colo anatômico, estrutura que separa a cabeça do úmero do resto da epífise superior, está inclinado  $45^\circ$  com relação a horizontal, ângulo suplementar ao ângulo de inclinação.

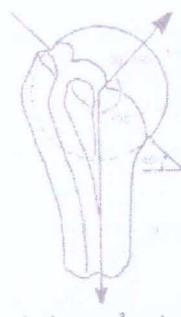


Figura 45 – Parte Proximal do Úmero. Ângulo formado entre o eixo longitudinal e o eixo diafisiário ( $135^\circ$ ), inclinação do colo anatômico do úmero em relação à horizontal ( $45^\circ$ ) e representação da comparação da cabeça do úmero com um terço de uma esfera de 30 mm de raio.

Fonte: Kapandji, 2000:33.

Levangie e Norkin (2002) analisam em seu artigo que:

*dada essa incongruência, rotação da articulação em qualquer direção não ocorre como um giro puro, mas requer que o movimento do úmero seja acompanhado por rolamento e deslizamento da cabeça do úmero na fossa glenóide na direção oposta ao movimento do corpo do úmero.*

As autoras ainda analisam que a cabeça do úmero iria rapidamente chegar ao fim da superfície glenóide e impactar com o acrômio se não existissem estes movimentos de deslizamento e rolamento; se a cabeça do úmero desliza para baixo enquanto rola pela fossa, a amplitude total pode ser obtida. O deslizamento processa-se no sentido oposto ao da rolagem, sempre que a superfície convexa desloca-se sobre a superfície côncava, dessa forma, na articulação glenoumeral quando eleva-se o braço, ocorre rolagem ântero-posterior e deslizamento pósterio-inferior da cabeça do úmero em relação à cavidade glenóide. O deslizamento inicial, destinado a centralizar a cabeça do úmero na fossa glenoidal, possui 30° de elevação, a partir daí, o movimento na articulação glenoumeral é de rotação pura.

Para Levangie e Norkin (2001:210):

*Howell et al. acharam que durante o arremesso de uma bola, a fase de extensão do braço para pegar impulso é acompanhada de deslizamento posterior da cabeça do úmero na fossa glenóide, enquanto a fase de aceleração é acompanhada por deslizamento anterior da cabeça na fossa.*

O exemplo do arremesso foi utilizado simplesmente por caracterizar-se como sendo acima da cabeça, logo, com algumas semelhanças com os movimentos utilizados dos nados, “principalmente, o nado livre, borboleta e costas, atividades nas quais pode haver lesão no manguito rotador através da síndrome do choque do manguito rotador” (Hall, 2000:100). Como estes movimentos de deslize, rolamento e rotação que determinam e potencializam a mecânica dos movimentos da articulação glenoumeral, veremos a seguir os mecanismos estabilizadores desta principal articulação, diartrodial, do complexo do ombro.

### **3.5.1 Mecanismos Estabilizadores da Articulação Glenoumeral**

O referencial bibliográfico de vários autores permite-nos a análise que devido à incongruência das superfícies articulares da glenoumeral, há estruturas responsáveis pela estabilização estática (estabilizadores passivos) e dinâmica (estabilizadores ativos) desta referida articulação. Todas estas estruturas são de suma importância para a integridade e aspecto funcional adequado, fatores que diminuem significativamente a probabilidade de lesões. A estabilidade em uma articulação diartrodial é proporcionada por estruturas como: “ligamentos

que cercam a articulação, a cápsula, os tendões que atravessam a articulação, a gravidade e o vácuo na articulação produzido pela pressão atmosférica negativa” (Hamill e Knutzen, 1999:57).

### 3.5.1.1 Estabilizadores Passivos ou Estáticos

Analisando a descrição de Arnheim e Prentice (2002:490), temos a conclusão de que os estabilizadores passivos são aqueles promovem estabilidade à articulação glenoumeral de maneira estática, sem movimentação dinâmica, permitindo alto grau de mobilidade. A geometria óssea também é um componente importante na estabilização passiva de uma articulação, mas no caso da glenoumeral esse componente é responsável pela mobilidade excessiva da articulação exigindo ainda mais das estruturas estabilizadoras passivas, dentre elas: cápsula articular, ligamentos, lábio glenoidal e líquido sinovial.

#### 3.5.1.1.1 Cápsula Articular

Para Kapandji (2000:34), “a cabeça umeral é rodeada por um colar de cápsula composto de pregas sinoviais”. Cailliet (2000:31) descreve que além de a cápsula articular ter combinação questionável na estabilidade passiva da articulação glenoumeral por ter paredes finas, ela tem capacidade estimada de 30 cm<sup>3</sup> de fluido ou de ar, ou seja, é espaçosa. “A cápsula tem o dobro de tamanho da cabeça umeral e, quando frouxa, permite mais de 2,5 cm de afastamento da cabeça na glenóide” (Levangie e Norkin, 2002). Diversos autores afirmam que a função estabilizadora da cápsula dá-se principalmente na posição do braço pendente ao lado do corpo, nas rotações medial e lateral e nos movimentos de deslizamento ântero-posterior da cabeça umeral.

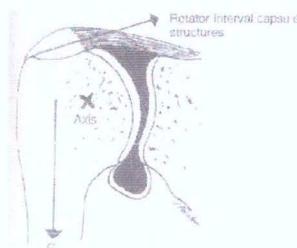


Figura 46 – Vetores. Representação do vetor que corresponde à força da gravidade agindo no centro de rotação da cabeça do úmero e do vetor correspondente à força realizada pelos estabilizadores desta articulação.

Fonte: Levangie e Norkin, 2001:211.

“A gravidade agindo no úmero é uma força translatória pura, mas está a uma distância do centro de rotação da cabeça umeral, logo, há um momento de adução do úmero” (Levangie e Norkin, 2001:211). Esta gravidade deve ser compensada por uma força que produza um torque de mesma magnitude no sentido da abdução. Esta força pode ser aplicada pela cápsula superior e pelo ligamento coracoumeral que estão tencionados ao lado do corpo. A tensão passiva da cápsula e do ligamento coracoumeral é suficiente para opor-se à força da gravidade. “O músculo supra-espinhal contrai-se assistindo à cápsula e o ligamento coracoumeral no suporte de um peso pelo membro superior, já que estas estruturas têm a mesma inserção e linha de ação quase idêntica ao do supra-espinhal” (Levangie e Norkin, 2001:211).

“A parte superior da cápsula não é capaz de suportar o braço” (Cailliet, 2000:31). O autor ainda analisa que a cápsula não possui elasticidade suficiente para realizar esta função, logo, o músculo supra-espinhal é o responsável por evitar estáticamente o movimento para baixo do braço pendente e a cápsula apenas auxilia esta função; quando esse músculo não dá suporte ao braço, a cápsula é envolvida alongando-se e permitindo alguma subluxação para baixo. Contudo, Levangie e Norkin (2001:211) explicam que o músculo supra-espinhal pode ser mais recrutado do que a atividade eletromiográfica acusa, pois paralisia ou disfunção deste músculo pode levar realmente a uma subluxação gradual inferior da glenoumeral. A porção inferior da cápsula é responsável pela estabilização glenoumeral quando o braço está a 90° de abdução e quando em elevação completa.

Conclui-se que sem o reforço do músculo supra-espinhal há uma carga constante na cápsula superior e no ligamento coracoumeral que faz estas estruturas cederem resultando em provável instabilidade articular.

### 3.5.1.1.2 Ligamentos

Whiting e Zernicke (1998:178) afirmam que:

*na articulação glenoumeral, a mais móvel articulação do corpo humano, na qual a cabeça umeral ajusta-se frouxamente dentro da fossa superficial glenóide da escápula. O lábio glenóide é ligado à borda da fossa glenóide aperfeiçoando o ajuste do osso. Dois ligamentos reforçam a articulação glenoumeral: o ligamento glenoumeral e o coracoumeral.*



*pode acarretar em comprometimento da estabilidade por toda a extensão do movimento. Durante as extensões normais, outros estabilizadores são necessários.*

### 3.5.1.1.3 Lábio Glenoidal

Whiting e Zernicke (1998:178) prosseguem descrevendo que o lábio glenoidal está ligado à borda da fossa glenóide aperfeiçoando o ajuste do osso. Para Cailliet (2000:31), o lábio glenoidal é fibroso formado por uma prega da cápsula da articulação glenoumeral, que também fixa-se no bordo da fossa glenóide. Kapandji (2000:32) analisa que é um anel fibrocartilaginoso, que quando seccionado apresenta três superfícies: uma interna, que insere-se no bordo da fossa; uma periférica, na qual são inseridas algumas fibras da cápsula articular; e uma superfície central, que possui cartilagem de prolongamento da fossa glenóide e que entra em contato com a cabeça do úmero.

O lábio glenoidal funciona em conjunto com as forças dinâmicas de compressão e com a cápsula glenoumeral, pois ele aumenta a profundidade da fossa glenóide e auxilia na estabilização passiva da cabeça do úmero dentro da fossa glenóide. De acordo com análise de vários autores, o lábio glenoidal serve como freio que controla as forças de translação discretas e moderadas que incidem sobre a articulação glenoumeral.



*Figura 48 – Lábio Glenoidal e Cavidade Glenóide. Vista lateral com remoção do úmero.  
Fonte: Anatomy of the Shoulder, 2002.*

### 3.5.1.1.4 Líquido Sinovial

“O líquido sinovial é secretado e absorvido pela membrana sinovial. Ele possui a capacidade de modificar sua viscosidade: durante o movimento lento, torna-se mais espesso; durante o movimento rápido, torna-se mais fluido” (Arnheim e Prentice, 2002:185). Analisando o

referencial bibliográfico de vários autores, temos a constatação de que o líquido sinovial é responsável por um mecanismo de aderência e coesão que também tende a aumentar a estabilidade, pois cria-se situação na qual torna-se difícil separar as duas lâminas da articulação.

### 3.5.1.2 Estabilizadores Ativos ou Dinâmicos

Hamill e Knutzen (1999:80), descrevem que “os músculos são utilizados também como estabilizadores, agindo em um segmento de modo que possa ocorrer movimento específico em uma articulação”. Os autores ainda analisam que os músculos criam o mesmo movimento articular são denominados *agonistas*, e os músculos opostos ou que produzem o movimento articular oposto são chamados *antagonistas*. Ambas as ações desses grupos musculares precisam estar em conjunto, por exemplo: na abdução do braço, o deltóide é o agonista já que é responsável por criar o movimento de abdução; o grande dorsal é o músculo antagonista já que resiste ao movimento de abdução; há também os estabilizadores na região para que este movimento possa ocorrer, no caso, o trapézio é o estabilizador que mantém a escápula em seu lugar.

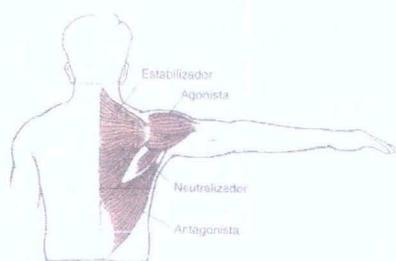


Figura 49 – Estabilizadores Ativos ou Dinâmicos. Simples exercício de abdução do braço mostra-nos os vários papéis de músculos agonistas, antagonistas e estabilizadores requisitados.

Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:80.

“Quando um músculo está fazendo o papel de antagonista, torna-se mais suscetível à lesão no local da inserção ou na própria fibra muscular; isso porque o músculo está contraindo-se para retardar o movimento do membro ao mesmo tempo em que alonga-se” (Hamill e Knutzen, 1999:80). Durante o movimento articular realizado na atividade esportiva na qual há resistência ao movimento e solicitação do mesmo movimento diversas vezes, como em programas de treinamento físico de natação, faz-se necessário o equilíbrio entre os papéis musculares a serem desempenhados. Whiting e Zernicke (1998:184) analisam que:

a estabilidade e o equilíbrio da articulação glenoumeral referem-se às ações coordenadas dos músculos que mantêm a força de reação na articulação na fossa glenóide. Quando a linha de força de reação sobre uma ação é diretamente dentro da glenóide, a articulação é estável. A articulação torna-se instável assim que a linha de ação move-se para fora do centro geométrico além da fronteira da superfície da glenóide. A responsabilidade muscular de manter apropriadamente a congruência glenoumeral está imediatamente relacionada ao grupo do manguito rotador e secundariamente aos músculos deltóide, trapézio, serrátil anterior, rombóides, grande dorsal e elevador da escápula. A fadiga em um desses músculos (por movimentos repetitivos acima da cabeça) compromete a capacidade compensatória musculoesquelética do complexo e prejudicialmente resulta em aumento no potencial de lesões: síndrome do manguito rotador, instabilidade articular e luxação glenoumeral.

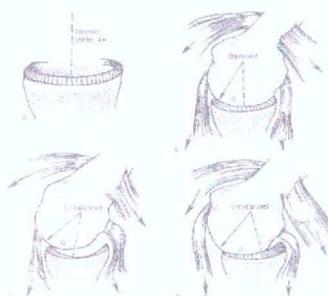


Figura 50 – O Equilíbrio Articular Glenoumeral. A- linha do centro da glenóide é definida como sendo perpendicular a um ponto médio na fossa; B- há estabilidade quando as forças de reação são balanceadas na fossa; C- há instabilidade em posições quando as forças de reação não são balanceadas na fossa; e D- a anormal orientação na fossa pode contribuir para desequilíbrio e instabilidade.

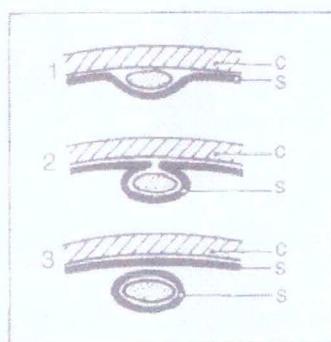
Fonte: Whiting e Zernicke, 1998:185.

Para Levangie e Norkin (2001:211), dentre as estruturas que participam de cada mecanismo estão: o tendão da cabeça longa do músculo bíceps braquial, o músculo deltóide e o manguito rotador.

### 3.5.1.2.1 Tendão da Cabeça Longa: Bíceps Braquial

O tendão da cabeça longa do bíceps braquial, segundo Kapandji (2000:38), fixa-se no tubérculo supra-glenoidal e no pólo superior do lábio glenoidal, descendo abaixo da cápsula articular e dirigindo-se no sulco formado entre as tuberosidades maior e menor do úmero. Levangie e Norkin (2001:213) acrescentam que o tendão entra pela escápula através de uma abertura entre os músculos subescapular e supra-espinhal.

A figura 51 mostra-nos a relação do tendão com a cápsula articular e a membrana sinovial à medida que afasta-se da inserção no tubérculo supraglenoidal. Na representação esquemática 01, o tendão encontra-se aderido à cápsula (c) através da membrana sinovial (s); na representação de número 02, a sinovial forma um “fundo de saco” entre a cápsula e o tendão, desta maneira, o tendão fixa-se à cápsula mediante um fino septo denominado mesotendão; na terceira representação, o tendão não está mais preso à cápsula, porém, está envolvido por uma pequena lâmina sinovial.



*Figura 51 – Tendão da Cabeça Longa do Bíceps e a Cápsula Articular.  
Fonte: Kapandji, 2000:39.*

Kapandji (2000:38) conclui que, embora intra-capsular, o tendão bicipital permanece extra-sinovial. A função estabilizadora deste tendão limita-se a coaptação da cabeça glenóide durante os movimentos do braço.

Smith, Weiss e Don Lehmkuhl (1997:271) esclarecem que a cabeça do úmero desliza sobre a superfície inferior do tendão durante os movimentos do complexo do ombro. Um ponto fixo no sulco move-se ao longo de 3,75 centímetros do tendão com elevação completa do braço. Cailliet (2000:61) demonstra, através da representação esquemática a seguir, que o deslizamento do tendão de acordo com o movimento do úmero: com o braço pendente (a); com o braço abduzido, rodado internamente e estendido (b), posição na qual ocorre o afastamento do ponto marcado em relação ligamento transversos; e com o braço em abdução, rotação externa e flexão para frente (c), na qual há movimento do ponto marcado para baixo do ligamento transversos.

“O grau de tensão inicial da porção longa do bíceps depende da longitude do trajeto percorrido pela porção horizontal intra-articular” (Kapandji, 2000:38).



Figura 52 – Deslizamento. O tendão da cabeça longa do bíceps desliza no sulco a partir do movimento do úmero.  
Fonte: Cailliet, 2000:61.

Na figura abaixo, em vista superior, a primeira representação esquemática (c) mostra-nos o grau de tensão mínimo do tendão quando o braço encontra-se em rotação interna; na segunda representação (a), o tendão está em tensão máxima, pois a longitude é máxima na posição intermédia; na última representação (b), o braço está em rotação lateral e o tendão tem sua fixação proximal e distal alinhadas, isto significa eficácia máxima da cabeça longa, ao contrário da rotação interna, na qual a eficácia é mínima.



Figura 53 – Graus de Tensão no Tendão da Cabeça Longa. O grau de tensão segundo a posição de rotação do braço. Rotação interna (c); posição intermédia (a); e rotação externa (b). Vista superior.  
Fonte: Kapandji, 2000:39.

“Quando a articulação glenoumeral está em rotação externa completa, as fixações proximal e distal do tendão estão alinhadas, mas em todas as outras posições de rotação, o tendão bicipital está dobrado em torno da parede medial do sulco” (Smith, Weiss e Don Lehmkuhl, 1997:271). O tendão bicipital desliza e rola dentro do sulco no qual é mantido pelo ligamento transversal do úmero durante a movimentação do complexo do ombro causando fadiga mecânica

favorecendo o aparecimento de lesões; além disso, “este tendão é pouco vascularizado, e, portanto, sujeito às mudanças degenerativas” (Levangie e Norkin, 2001:214).

### 3.5.1.2.2 O Músculo Deltóide

O músculo deltóide origina-se, de acordo com Cailliet (2000:43), “na frente da clavícula, ao lado do acrômio e atrás da espinha escapular, (...), e termina em um tendão que passa na frente, ao lado e atrás da articulação glenoumeral”, inserindo-se ântero lateralmente na diáfise do úmero. Dessa maneira, sua linha de ação permite que o úmero eleve-se comprimindo a cabeça do úmero diretamente com o arco coracoacromial.

Levangie e Norkin (2001:212) demonstram que quando a força de ação do deltóide (FD) é decomposta em seus componentes translatórios (ftd) e rotatório (frd), observa-se que o componente translatório é muito maior, ou seja, a maioria da força de contração do deltóide faz a cabeça do úmero subir (arrasto), o que não resulta em estabilização.

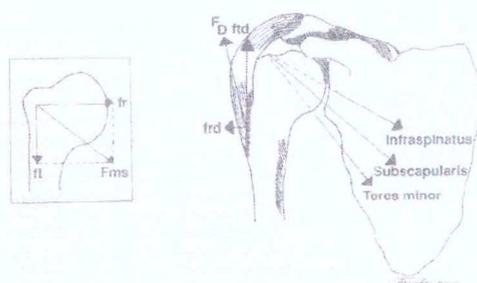


Figura 54 – Forças de Ação. Decomposição da força de ação do músculo deltóide e representação da linha de força dos músculos infra-espinhal, subescapular e redondo menor. Força de ação do deltóide (FD), componente rotatório (frd); componente translatório (ftd). No quadro, há representação da linha de força dos músculos infra-espinhal, subescapular e redondo menor juntos (Fms) e da decomposição desta em componente rotatório (fr).

Fonte: Levangie e Norkin, 2001:212.

Decompondo a força produzida em conjunto pelos músculos infra-espinhal, subescapular e redondo menor, é possível observar que a componente translatória (ft) praticamente anula a componente translatória do deltóide não permitindo o impacto da cabeça do úmero do arco coracoacromial (diminuindo o arrasto).

Para Levangie e Norkin (2001:212), “a componente translatória do deltóide (ftd) é maior em 45° de elevação da glenoumeral; em cerca de 60° de elevação, a componente translatória do deltóide é praticamente igual à força compressiva”.

### 3.5.1.2.3 O Manguito Rotador

O manguito rotador é composto pelos músculos *supra-espinhal*, *infra-espinhal*, *redondo menor* e *subescapular*; todos eles originando-se na escápula e inserindo-se nas tuberosidades da cabeça do úmero. Os tendões de inserção desses músculos misturam-se e reforçam a cápsula glenoumeral.

Para Levangie e Norkin (2001:212), todos têm linha de ação que significativamente contribuem para a estabilidade dinâmica da glenoumeral já que quando estas forças são decompostas observa-se que a força rotatória, não apenas causa rotação do úmero, mas também comprime a cabeça do úmero contra a fossa glenóide.

As autoras ainda analisam que além do papel de estabilizador, o redondo menor e o infra-espinhal, ao contrário do subescapular, contribuem para a abdução promovendo rotação lateral necessária para evitar que a tuberosidade maior encontre-se com o acrômio.

Ao subescapular, é responsável pela função de guiar posteriormente a cabeça do úmero, portanto, opondo-se às forças de deslocamento anterior.

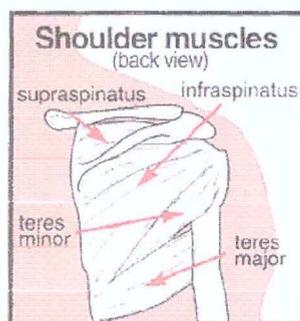


Figura 55 – Manguito Rotador. Vista posterior.  
Fonte: Manguito Rotador, 2003.

A análise ainda explica que embora o supra-espinhal faça parte do manguito, a sua linha de ação tem um componente translatório para cima, ao contrário dos outros músculos do manguito que possuem seu componente translatório para baixo; isto mostra-nos que o supra-espinhal é ineficaz para anular a tendência ao deslocamento superior da cabeça do úmero provocado pela ação do deltóide. Entretanto, o componente rotatório gera uma potente força de compressão da cabeça umeral contra a fossa glenóide, o que garante estabilização. Além disso, a ação da gravidade contribui com este músculo no sentido de diminuir o pequeno componente

translatório gerado por ele. Levangie e Norkin (2001:213) referem-se ao supra-espinal como um músculo ‘guiador’ que é capaz de causar uma mudança de superfícies de contato dentro da articulação, geralmente através do deslizamento e dirige a superfície articular para pontos apropriados de contato. A gravidade ( $g$ ) e o supra-espinal geram força resultante ( $r$ ) que causa escorregamento para baixo da cabeça do úmero durante a abdução, permitindo contato total das superfícies e evitando o deslocamento para cima.

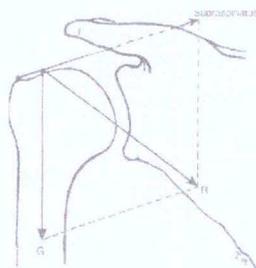


Figura 56 – Estabilizador Sinergista. A gravidade agindo como um estabilizador sinergista do músculo supra-espinal. A atividade do supra-espinal agindo juntamente com a gravidade ( $g$ ), gera a resultante ( $r$ ) responsável pelo deslizamento do úmero para baixo.

Fonte: Levangie e Norkin, 2001:213.

Whiting e Zernicke (1998:187) analisam que:

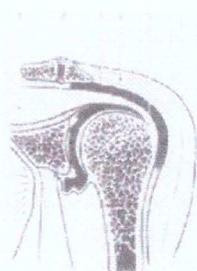
*o comprometimento da integridade do tecido e a fadiga muscular contribuem para a alteração mecânica do movimento e estes movimentos modificados, avançam o estresse envolvendo o tecido e aceleram eventuais fracassos. O músculo supra-espinal geralmente é o mais lesado dentre os músculos do manguito rotador. Menos freqüentemente, outros músculos do manguito sofrem danos. A lesão do supra-espinal, em particular, está associada à repetição movimentos acima da cabeça.*

### 3.6 Articulação Supra-umeral

A articulação supra-umeral também é denominada por alguns autores como subdeltoídea ou subacromial. Trata-se de uma articulação não verdadeira, pois “é a junção da cabeça do úmero e do ligamento coracoacromial sobre ela, com o acrômio” (Cailliet, 2000:34).

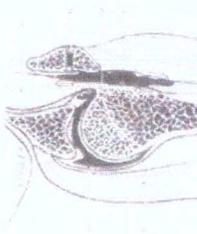
O mesmo autor ainda analisa que os limites desta articulação são: a fossa glenóide e o lábio glenoidal (internamente); o acrômio (superior e anteriormente); o processo coracóide (medialmente); e o ligamento coracoacromial (superiormente). De acordo com Kapandji

(2000:46), há algumas estruturas que compõem esta articulação, como por exemplo: “o músculo supra-espinhal (1) que desliza por baixo da articulação acromioclavicular (2) fixando-se na tuberosidade maior do úmero (3), e o músculo deltóide (4) que localiza-se acima da bursa subdeltoídea (5)”, como segue abaixo.



*Figura 57 – A Articulação Supra-umeral. Braço pendente. Corte frontal do complexo do ombro.  
Fonte: Kapandji, 2000:46.*

A representação esquemática a seguir apresenta-nos as mesmas estruturas anteriormente referidas, porém, o braço está em abdução. Observa-se que durante a abdução do braço, a bursa subdeltoídea (5) desloca-se para baixo da articulação acromioclavicular (2), a lâmina profunda da bursa desloca-se para dentro com relação à lâmina superficial (6) que enrugam-se e a bursa inferior da articulação glenoumeral (7) torna-se tensa. Na posição (8) temos a cabeça longa do músculo tríceps braquial.



*Figura 58 – Estruturas da Articulação Supra-umeral em Posição Abduzida. Corte frontal do complexo do ombro.  
Fonte: Kapandji, 2000:46.*

Diversos autores concordam que esta articulação tem grande importância clínica já que é propensa à compressão e lesão dos tecidos moles que situam-se entre as estruturas rígidas (cabeça do úmero, ligamento coracoacromial e acrômio). Estes tecidos são: o tendão da cabeça longa do bíceps braquial, a cápsula articular, os ligamentos capsulares e as bursas subdeltoídea e subacromial. Conforme descrita anteriormente, a ação do músculo deltóide na elevação do braço causa um deslocamento vertical para cima que tende a impactar o acrômio; a ação dos músculos

do manguito rotador e do tendão da cabeça longa do bíceps tracionam e deprimem a cabeça do úmero impedindo este impacto. Smith, Weiss e Don Lehmkuhl (1997:271) explicam que “não há espaço para o erro neste mecanismo da articulação supra-umeral e as lesões de colisão ocorrem por fraqueza muscular, fadiga ou forças incontroláveis”.

Neste primeiro momento do estudo, procurou-se analisar aspectos anatômicos e fisiológicos das estruturas do complexo do ombro. Acredita-se que temos base para entender e apontar meios para a solução de lesões no complexo dos nadadores. Em momentos posteriores serão abordadas questões referentes às lesões, mecanismos, (...), e sua respectiva relação com a natação, bem como a proposta preventiva frente a estas lesões.

## 4 A NATAÇÃO

A natação pode ser vista através de vários aspectos: recreativo, utilitário, terapêutico, (...), mas ao longo de sua evolução abandonou o caráter de sobrevivência, bélico, (...), deixando de ser “um fascinante elemento de prazer” (Andries Junior, 1998:12) transformando-se em uma modalidade esportiva competitiva, na qual grande número de atletas praticam e competem cada vez mais e, por consequência da requisição de performance e altos níveis de treinamento, quebram muitos recordes mundiais muitas vezes colocando em risco as próprias integridades física, (...) e mental para “suprir expectativas de todas as partes envolvidas” no âmbito competitivo (Andries Junior, 1991:02).

A natação competitiva teve seu início como “esporte organizado precisamente há apenas 150 anos, em meados do século XIX” (Colwin, 2000:101). O autor ainda analisa que os seres humanos, eminentemente terrestres, possuem movimentos rústicos e quando estão na água são ineficazes, pois a natação é um esporte adotado e adaptado pelos humanos, tanto que deve-se não só ajustar a respiração terrestre para usá-la na água, como também alterar o uso normal dos nossos membros e transformá-los em um meio de propulsão do corpo.

Para Maglischo (1999:277):

*a natação é um esporte sem paralelo. Os atletas competem enquanto estão suspensos em um meio líquido e devem impulsionar seus corpos empurrando contra uma substância líquida, em vez de sólida. A água oferece menor resistência aos esforços propulsivos dos nadadores do que o chão contra o qual os corredores fazem pressão e também uma resistência consideravelmente maior à progressão dos nadadores.*

Como as práticas desportivas competitivas da natação (por exemplo: competições regionais, nacionais e nos jogos olímpicos) envolvem cronometragem de tempo, aproveitamento, destreza e eficiência das técnicas através das braçadas dos nados, (...), abordaremos alguns aspectos importantes da natação e relevantes para a compreensão dos mecanismos das lesões no complexo do ombro de nadadores.

#### **4.1 Princípios Mecânicos da Natação**

“A aquisição de um entendimento sobre a propulsão na natação vem sendo um processo demorado e longe de ser concluído. Especialistas formularam muitas teorias ao longo dos anos aumentando o conhecimento acerca dos mecanismos envolvidos” (Maglischo, 1999:277). Apesar da água e ar serem “meios fluidos que exercem forças contra os corpos que movimentam-se” (Hall, 2000:266), na água o corpo relaciona-se com forças diferentes daquelas que agem quando o corpo move-se fora dela. Luttgens e Hamilton (1997:551) explicam que as principais diferenças entre a locomoção na água e no meio terrestre são que na água o corpo está relacionado com as forças de flutuação e ação da gravidade; fornece maior resistência ao movimento em relação ao ar; e é necessário manter uma posição horizontal, em relação ao nível da água, para sofrer menos ação da resistência e ser melhor beneficiado pelas forças de flutuação. Maglischo (1999:279) descreve:

*incrementos na força propulsiva exigem mecânica mais aprimorada e treinamento para aumentar a potência de nado. Esse processo pode levar várias semanas. O arrasto pode ser reduzido em poucos minutos mediante orientação diferente do corpo. A compreensão dos modos em que o arrasto pode ser diminuído requisita-nos, primeiramente, que tenhamos conhecimento das características do fluxo da água.*

##### **4.1.1 Características do Fluxo da Água**

De acordo com o referencial bibliográfico de Maglischo (1999) a água consiste de moléculas de hidrogênio e oxigênio que tendem a flutuar em correntes regulares e contínuas até que encontram algum objeto sólido que interrompe seu movimento. Como essas correntes são

compactadas, umas sobre as outras, denominam-se fluxo laminar. Quando este fluxo é interrompido, temos a turbulência.

As moléculas de água separam-se de suas correntes laminares, repicando umas sobre as outras em direções aleatórias; as moléculas que tornaram-se turbulentas, irão invadir outras correntes laminares causando padrão sempre crescente de turbulência, que são as borbulhas na superfície da água.

À medida que o nadador avança para frente, abre um ‘buraco’ na água para que seu corpo possa passar; assim, seu corpo avança contra outras correntes laminares a sua frente tornando-as turbulentas. A água turbulenta à frente e dos lados do nadador aumentará a pressão nessas áreas, com relação à pressão por trás do seu corpo, região onde o fluxo ainda não preencheu o espaço criado.

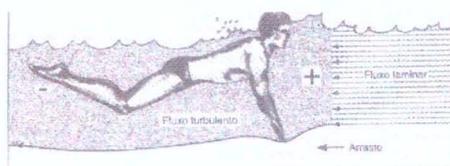


Figura 59 – Turbulência. É causada pelo corpo do nadador movimentando-se em correntes laminares.  
Fonte: Maglischo, 1999:280.

O arrasto enfrentado pelo nadador é diretamente proporcional à quantidade de turbulência por ele criada. A água será levemente turbulenta quando apenas algumas correntes laminares tiverem sido conturbadas. O diferencial de pressão e o efeito retardador serão consideravelmente maiores quando ocorre grande turbulência.

#### 4.1.2 Características dos Nadadores que Afetam o Arrasto

São três os fatores mais importantes e responsáveis pela turbulência criada pelos nadadores: a *forma* com que os nadadores apresentam-se à água; a *orientação* de seu corpo na água; e a *velocidade* de movimento. Com relação à forma, objetos afilados – “finos” (Ferreira, 1986:55), deparam-se com menor resistência se comparado aos que possuem cantos ‘quadrados’, pois a parte frontal afilada permite que a direção das moléculas de água mude de forma muito gradual à medida que o objeto as ultrapassa, perturbando, portanto, pequeno número de correntes adjacentes mantendo um padrão mínimo de turbulência. Os objetos com cantos ‘quadrados’,

criarão arrasto consideravelmente maior porque sua parte anterior apresenta superfície plana à parede de água, fazendo com que o objeto depare-se com várias correntes de moléculas ao mesmo tempo, fator que impede a evolução das moléculas em torno do objeto e causa colisões destas com outras moléculas de outras correntes criando amplo padrão de turbulência que aumenta a pressão à frente do objeto e retarda sua progressão.

Os nadadores não podem manter-se em posição estática (em forma de projétil) no deslocamento na água, logo, mudam de direção constantemente apresentando diversas formas diferentes ao fluxo de água que avança. Apesar disso, os mais rápidos mantêm as posições mais aerodinâmicas, à medida que vão assumindo essas formas variadas; os mais lentos não conseguem fazê-lo.

Considerando a orientação do corpo com relação à água, habitualmente o arrasto aumenta quando os nadadores estão menos horizontais com referência à superfície e quando fazem movimentos coleantes – “serpenteantes” (Ferreira, 1986:429), de um lado para o outro, porque eles ocupam espaço maior que necessário interrompendo maior número de correntes moleculares.

A necessidade de criação de grandes forças propulsivas não permite que os atletas fiquem em um posição perfeitamente horizontal quando nadam. A posição dos seus corpos muda constantemente ao longo de cada ciclo de braços. Os nadadores do nado livre e costas devem rolar seus corpos de um lado para o outro para adquirir força propulsiva e, pela mesma razão, os de borboleta devem movimentar seus corpos para cima e para baixo de forma ondulante. Embora estes movimentos aumentem o arrasto, eles aumentam ainda mais a propulsão. Quando o nadador eleva sua velocidade, cria mais fricção e turbulência e, assim, aumenta seu arrasto.

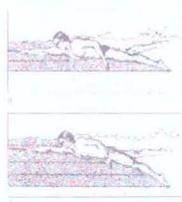


Figura 60 – Efeitos do Espaço Ocupado pelos Nadadores na Água sobre o Arrasto. A - horizontalmente próximo da superfície (objeto afilado); B - distante da superfície (objeto 'quadrado').

Fonte: Maglischo, 1999:283.

O efeito da velocidade é tão potente que o dobro da velocidade de progressão irá quadruplicar o arrasto. O atleta que nada a primeira metade de uma prova em uma velocidade mais lenta que determinado oponente, deve despende menor esforço para superar o arrasto. Se os

nadadores têm habilidades praticamente iguais, o que ritmou a primeira parte da prova deverá ser capaz de vencer por terminar a prova mais rápido que o competidor que estará mais cansado.

### 4.1.3 O Arrasto

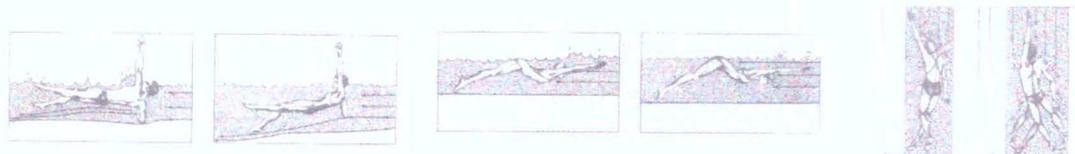
O mesmo autor ainda analisa que o termo científico para resistência da água é denominado arrasto, pois as forças de arrasto sempre agem opostas à direção do movimento do nadador. Treinadores e nadadores tendem a focar a maior parte de sua atenção na mecânica de nado, negligenciando as forças de resistência que retêm os nadadores; é uma atitude infeliz, pois os nadadores podem melhorar consideravelmente seus desempenhos mediante a redução da resistência da água. Os nadadores devem enfrentar três categorias de arrasto, são elas: o arrasto de *forma*, o arrasto de *onda* e o arrasto *friccional*.

#### 4.1.3.1 O Arrasto de Forma

“A magnitude deste tipo de resistência depende da velocidade em que o nadador movimenta-se através da água e pela área de secção transversa que ele oferece ao fluxo imediatamente a sua frente” (Hay, 1981:284).

Hall (2000:273) esclarece que quando um corpo movimenta-se através de um fluido com velocidade suficiente para criar turbulência atrás de si, ocorre um diferencial de pressão o qual a pressão torna-se negativa na região de turbulência (atrás do corpo) em relação à região de encontro das partículas do fluido com a superfície corporal. Este diferencial cria uma força direcionada para a zona de menor pressão que resiste ao nadador como se fosse uma força de sucção.

Maglischo (1999:284) descreve que observando nadadores de alto nível, os que possuem ombros largos e quadris e coxas estreitas, sugerem maior vantagem por produzirem menor arrasto de forma, contudo, este tipo de arrasto pode ser consideravelmente reduzido pelo alinhamento corporal do nadador em relação à água durante as formas que o corpo apresenta ao longo de cada ciclo de braços, como citado anteriormente. O mesmo autor ainda analisa que o arrasto de forma é causado pelo porte e pela forma dos corpos (alinhamentos horizontal e lateral e rolamentos) dos nadadores em seu deslocamento propulsivo na água.



*Figura 61 – Alinhamentos Horizontal e Lateral do Nado Costas e Borboleta Respectivamente. Sempre à esquerda há bom alinhamento; à direita, um mau alinhamento.*

*Fonte: Maglischo, 1999:284-6.*

#### 4.1.3.2 O Arrasto de Onda

“O arrasto de onda atua na interface de dois fluidos diferentes, por exemplo água e ar, e é a força de reação exercida pela água sobre o nadador” (Hall, 2000:276). Para Maglischo (1999), essa forma de arrasto é causada pela turbulência na superfície da água; e a velocidade tem efeito potente sobre o arrasto de onda, pois cria-se uma parede de água que eleva-se à frente do nadador; além disso, este arrasto é aumentado quando os nadadores projetam seus membros ou corpo para frente ou para o lado contra a água.



*Figura 62 – Arrasto de Onda nos Nados de Costas e Borboleta Respectivamente. Na esquerda, temos onda de proa à frente do nadador; na direita, temos a criação do arrasto de onda nos movimentos de recuperação.*

*Fonte: Maglischo, 1999:288.*

O nadador praticante do nado borboleta está arrastando seus braços por meio da água durante a fase de recuperação. Os nadadores praticantes dos nados de costas e crawl freqüentemente criam arrasto de onda quando empurram o dorso da mão para frente durante sua entrada na água. É muito melhor que a mão entre inclinada, pois reduzirá a área da superfície frontal apresentada à água.

#### 4.1.3.3 O Arrasto Friccional

“O arrasto friccional, resistência de atrito ou resistência de superfície é aquele provocado por contato deslizante entre as sucessivas camadas do fluido em contato direto com o corpo em movimento” (Hall, 2000:272). Hay (1981:285) descreve que parece improvável que este arrasto

tenha significado prático na natação. Maglischo (1999:290) afirma ser desprezível o arrasto friccional no corpo de um nadador.

Este autor ainda analisa que os principais fatores que influenciam a quantidade de arrasto friccional exercido nos objetos são: a área de superfície do objeto; a velocidade do objeto; e a textura de sua superfície. Sharp e Costill (apud Maglischo, 1999:290) realizaram um estudo no qual um grupo de nadadores realizou alguns testes antes e depois da raspagem de pêlos do corpo. Quando raspados, os nadadores tiveram significativa diminuição da concentração de lactato sanguíneo e apresentaram maiores durações das braçadas comparando-se quando não estavam raspados.

Juntamente com outras pesquisas, há fortes evidências de que o arrasto friccional pode ser reduzido com a raspagem ou emprego de roupa especial, trazendo vantagens com relação à velocidade e gasto de energia do nadador competitivo, tal exemplo é o desenvolvimento de macacões com texturas semelhantes à pele de mamíferos aquáticos, que acarretam em mínimo atrito com a água.



*Figura 63 – O Arrasto Friccional. Nadadora praticante do nado borboleta com tufos aderidos ao corpo: os tufos que estão flutuando para trás no tronco e os que estão para a direção oposta à direção do movimento das pernas indicam o fluxo laminar; os que não estão flutuando na direção oposta à do tronco e dos membros da nadadora são turbulentos.*

*Fonte: Maglischo, 1999:290.*

#### **4.1.4 A Propulsão**

Para Maglischo (1999:293):

*as primeiras tentativas de descrever os movimentos propulsivos de nadadores de competição comparavam os braços desses atletas a remos ou rodas de pás. Os nadadores eram ensinados a manter seus braços esticados, movendo-os em um padrão semicircular, como propulsão de uma roda de pás, durante a fase propulsiva de suas braçadas.*

Counsilman e Silvia (apud Maglischo, 1999:294) acreditavam que a terceira lei dos movimentos de Newton era a principal lei da física que os nadadores aplicavam à propulsão de seus corpos para frente. Essa lei básica dos movimentos descreve que para cada ação há uma reação igual e oposta, ou seja, quando os nadadores empurram a água para trás, a água exerce força de igual magnitude que empurra-os para frente.

Segundo esta teoria, a mão era utilizada como remo para empurrar para trás no primeiro terço da parte submersa das suas braçadas ao flexionar gradualmente seus braços e continuavam a movimentar o braço diretamente para trás ao estendê-lo durante o terço final. A primeira metade da fase submersa da braçada denominou-se tração; a segunda, empurrada. Esta teoria tornou-se conhecida como teoria do arrasto propulsivo.



*Figura 64 – A Teoria do Arrasto Propulsivo.  
Fonte: Maglischo, 1999:294.*

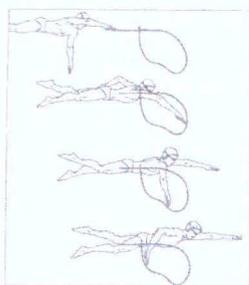
O autor ainda descreve que as teorias de Counsilman e Silvia foram amplamente aceitas e influenciaram o ensino da mecânica de nado em todo o mundo durante muitos anos.

Contudo, algum tempo depois, Counsilman, ao empregar a fotografia submersa, observou que a mão fazia um trajeto sinuoso, um movimento em forma de ‘s’, para que através deste os nadadores movimentassem grandes volumes de água em menores distâncias (denominou-se teoria do movimento sinuoso para trás); e acrescentou que, assim, as mãos e braços do nadador procurariam por águas paradas ou que estivessem movimentando-se lentamente para acelerar volume de água que já não estivesse movendo-se para trás, ganhando mais propulsão; desta forma os nadadores teriam algumas vantagens: menor gasto energético durante a braçada (mais propulsão com menos força); a força pode ser aplicada ao longo de maior distância. Em uma terceira análise, os pesquisadores Brown e Counsilman (apud Maglischo, 1999:295) demonstraram que os movimentos propulsivos das mãos e braços dos nadadores realizavam-se em grande parte nas direções lateral e vertical e não para trás como pensava-se até então.



*Figura 65 – A Teoria do Movimento Sinuoso para Trás. Nadadora do nado crawl movimenta sua mão em um padrão propulsivo similar a um 's'. Vista inferior.  
Fonte: Maglischo, 1999:295.*

Aparentemente os nadadores estavam impelindo – “empurrando” (Ferreira, 1986:921), seus corpos para frente, remando e gingando para dentro e para fora, para baixo e para cima e não impulsionando seus braços diretamente para trás ou em movimentos sinuosos para trás sob seus corpos. Na figura 67 podemos notar que a mão direita do nadador deixa a água à frente do ponto de penetração e que o volume que sua mão desloca para trás é mínimo com relação ao seu movimento para baixo e para cima.



*Figura 66 – Padrão de Braçadas do Nado Crawl. Desenhada com relação a um ponto fixo na piscina.  
Fonte: Maglischo, 1999:296.*

Contudo, esta última análise contrapõe-se à teoria do movimento sinuoso, já que para realizá-lo a mão e o braço realizam movimentos laterais e verticais para buscar a água que move-se em menor velocidade, ou seja, segundo a teoria do movimento sinuoso, a mão e o braço movimentam-se basicamente para trás.

Maglischo (1999:296) conclui, baseando-se em outras pesquisas (Barthels e Adrian de 1974; Hinricks de 1986; Schleihauf et al. de 1984; Maglischo et al. de 1986; entre outros), que o movimento para trás é realmente mínimo em relação ao movimento lateral e vertical da mão e do braço; e acrescenta que a idéia do movimento sinuoso tem seus méritos, pois os nadadores

mudam de direção periodicamente para buscar águas tranquilas para aplicar melhor impulsão, já que a água imediatamente ao seu redor possui torque de movimento para trás diminuindo a eficiência da propulsão do nadador nestas águas; embora não projetem para trás seus braços e mãos com tanta intensidade.

#### 4.1.5 A Sustentação

De acordo com Hall (2000:276) “a força de sustentação atua perpendicularmente em relação à direção do fluxo do fluido – água”. Na natação, a força de sustentação é direcionada verticalmente para cima e contribui para a propulsão.

Hay (1981:282) já descrevia evidências de que a sustentação é a principal fonte de propulsão na natação. Counsilman (apud Hall, 2000:282) foi o primeiro pesquisador a propor a teoria da sustentação propulsiva. Segundo esta teoria, os nadadores utilizam a mão em forma semelhante à folha (ou fólio, para alguns autores) para gerar sustentação. “Esta sustentação é resistida pelo movimento da mão para baixo e pela estabilização da articulação do complexo do ombro que transfere a força direcionada para frente para o corpo, propelido<sup>2</sup> pela mão” (Hall, 2000:282).

No início da década de 1970, como descreve Maglischo (1999:301), os pesquisadores explicavam a sustentação a partir do princípio de Bernoulli, que mostra-nos um corpo semelhante a uma folha, quando em movimento, cria um diferencial de pressão, pois as partículas do fluido movimentam-se em maior velocidade sobre a borda superior do corpo do que sob a borda inferior do mesmo.

Na região de maior velocidade a pressão é menor do que na região de menor velocidade do fluido; na região onde a pressão é positiva, o corpo é sustentado. “A mão humana, na visão lateral, lembra uma folha, a qual o nadador desliza através da água, gera força de sustentação perpendicularmente direcionada à palma” (Hall, 2000:278). De fato, pesquisas como as de Hinricks; Luedtke; Schleihauf et al.; e Maglischo et al. (apud Maglischo, 1999:301), “demostraram que os nadadores geram maior força propulsiva quando movimentam suas mãos por meio da água em certos e precisos ângulos de ataque”.

---

<sup>2</sup> Propelir é impelir para adiante, arremessar (Ferreira, 1986:1146).

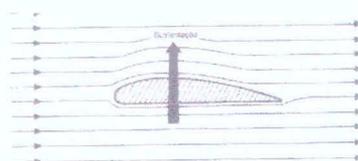


Figura 67– O Princípio de Bernoulli.  
Fonte: Hall, 2000:375.

Vale ressaltar que o autor não nega o princípio de Bernoulli, apenas contribui menos importância a ele quando comparado com a terceira lei de Newton, já que esta, na visão do autor, representa uma descrição mais precisa dos mecanismos propulsivos mais importantes utilizados pelos nadadores que empurram a água para trás com movimentos de braçadas em diagonal mediante a orientação da mão e do braço de tal forma que o fluxo relativo da água é deslocado para trás.

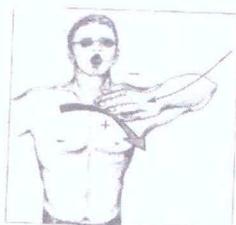


Figura 68 – Movimentos Diagonais na Braçada do Nado Crawl. O nadador está impelindo sua mão por baixo do corpo e deslocando-a para trás e para dentro. A angulação da mão causa mudança na direção relativa do fluxo de água passando por baixo da mão do nadador na direção do dedo mínimo. A força retrógrada aplicada à água deve (de acordo com a terceira lei de Newton) produzir uma contra-força de igual magnitude que impelirá para frente o corpo do nadador.

Fonte: Maglischo, 1999:302.

Maglischo (1999:303) ainda descreve que há três aspectos do movimento dos membros que são importantes para a propulsão na natação: “a direção (determinada com base nos padrões de braçadas); o ângulo de ataque (determinado com base na inclinação das mãos e pés dos nadadores); e a velocidade (das mãos e pés)”. Através destes, os nadadores determinam a eficácia com que eles podem acelerar a água para trás durante os movimentos diagonais. O autor ainda analisou, através de pesquisas, que o posicionamento das mãos deve estabelecer um ângulo de ataque de aproximadamente 20° a 50° em toda a fase aquática, sendo o ângulo de 40° o que obteve o maior coeficiente de sustentação aumentando consideravelmente a força propulsiva. Este fenômeno ocorre porque as moléculas de água deslocam-se sob forma de lâminas e o

rompimento destas causam o deslocamento das moléculas de água gerando turbulência e reduzindo a propulsão que poderia ser gerada.

A figura a seguir, retirada da literatura de Maglischo (1999:310), ilustra uma pesquisa dirigida por Schleihauf em 1978 que relaciona o efeito do ângulo de ataque nos movimentos da água durante a natação. O coeficiente de sustentação aumentou continuamente até o ângulo de ataque de 40°, em seguida, diminuiu enquanto o ângulo aproximava-se de 90° e o coeficiente de arrasto aumentou à medida que o ângulo de ataque aproximou-se de 90°.

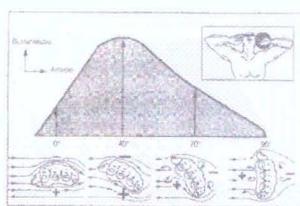


Figura 69 –Ângulo de Ataque, Sustentação e Arrasto.  
Fonte: Maglischo, 1999:310.

Maglischo (1999:314) conclui que:

*fica óbvio que esse tópico dos ângulos de ataque na natação é complicado e que está longe de ser resolvido. Dados obtidos com o uso de túneis de vento e canais de água indicam que ângulos entre 20° e 60° são os mais efetivos para a produção de forças de sustentação. As mensurações obtidas com testes usando nadadores parecem favorecer os ângulos de ataque na faixa de 30° a 40°.*

#### 4.1.6 A Velocidade

A velocidade depende “do comprimento e da freqüência da braçada, por isso é adequado que os fatores que determinam a magnitude destes parâmetros sejam considerados” (Hay, 1981:280). O comprimento da braçada é governado pelas forças de reação da água que respondem às forças que o nadador aplica sobre ela, trata-se das forças de propulsão e de arrasto. A freqüência de braçadas refere-se ao número de braçadas por minuto e “depende do tempo que o nadador gasta na execução de cada uma das duas fases reconhecidas da sua braçada: a puxada e a recuperação” (Hay, 1981:286). O autor prossegue descrevendo que a fase de recuperação tende a ser consideravelmente mais curta que a de puxada, provavelmente por causa da diminuição da resistência encontrada quando os braços movem-se para fora da água. É importante ressaltar que

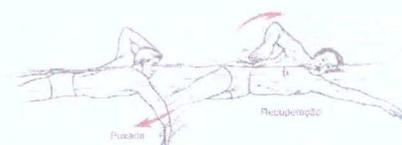
quanto menor o momento de inércia do braço, menor será o tempo necessário para movê-lo em uma determinada amplitude e que quanto maior o torque aplicado mais curta será a duração da fase.

Dessa forma, para que um nadador obtenha vantagem em termos de velocidade, é necessário que ele aumente um dos fatores (comprimento ou frequência de braçadas) sem, contudo, alterar o outro fator; já que a frequência de braçada tende a diminuir quando aumenta-se o comprimento e vice-versa.

Os estudos mais recentes abordam a questão da aceleração da mão durante a fase de puxada. Schleihauf (apud Maglischo, 1999:316) demonstrou que a velocidade da mão é acelerada em pulsos, diminuindo e aumentando a cada mudança importante de direção durante a fase de puxada. Via de regra, as velocidades maiores são alcançadas no final da fase. Diversos pesquisadores encontraram velocidades da mão na fase de puxada entre 4,5m/s a 06 m/s para velocistas praticantes de nado crawl de categoria mundial. Maglischo (1999:317) afirma que ainda não foram realizados estudos que determinassem a velocidade para cada um dos componentes do padrão de braçada diagonal, ou seja, na direção horizontal, vertical e lateral (combinação de movimentos nas direções que definem uma braçada diagonal).

Pereira (2002) relaciona a resistência ao deslocamento e velocidade do nado: a resistência de atrito aumenta linearmente com a velocidade; a resistência de forma aumenta com o quadrado da velocidade e a de onda com o cubo da velocidade. Deste modo, velocidades mais elevadas implicam maiores aplicações de força e, conseqüentemente, maior sobrecarga músculo-esquelética.

Torna-se claro a importância da realização da técnica correta de nado, pois cada princípio da mecânica aplicada à natação mostra-nos que o mínimo de erro causado pelo nadador implicará em mecanismo de compensa o através de forças que surgem opostas e de mesma intensidade   força que o nadador realizou e gasto energético excessivo para os movimentos, o que reflete sobrecarga na articula o envolvida no movimento.



*Figura 70 – O Nado Crawl: puxada e recupera o.  
Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:164.*

## 4.2 Técnicas dos Nados

Colwin (2000:37) analisa:

*há variações entre os indivíduos na forma como nadam. Os nadadores geralmente parecem diferentes, mesmo que estejam praticando os mesmos fundamentos. A detecção e a avaliação das características individuais das braçadas é uma parte essencial do treinamento. O treinador deve aprender a distinguir a idiossincrasia da mecânica incorreta; nestes momentos, treinar é uma arte e não uma ciência.*

O autor ainda descreve que o estilo de um nadador é tão individual quanto sua assinatura (quando assinamos o próprio nome em um pedaço de papel, a assinatura ficará igual ou similar o suficiente para ser reconhecida; mas ela será muito diferente da assinatura produzida por qualquer outra pessoa que esteja tentando imitá-la). Quando esta mesma pessoa assina seu nome com giz no quadro-negro, apesar de os músculos utilizados não serem os mesmos – pois quando assinamos no papel, utilizamos principalmente os músculos da mão e dos dedos, enquanto que no quadro-negro há envolvimento predominante dos músculos dos braços – a assinatura continua constante.

“Apesar de os padrões dos movimentos estarem armazenados no córtex cerebral, também existem mecanismos sensoriais nos músculos que afetam a função motora de uma maneira específica” (Colwin, 2000:38). Além disso, parece que as percepções sensoriais similares, se não idênticas, provavelmente determinam os padrões individualizados de nado que são característicos de cada nadador.

Colwin (2000) ainda descreve que um treinador habilidoso sabe o que ensinar, o que corrigir e o que deixar como está; como distinguir uma técnica errônea de uma idiossincrasia – “disposição de temperamento do indivíduo” (Ferreira, 1986:914); e como moldar a técnica com base no indivíduo e não vice-versa. Colwin (2000:38) prossegue descrevendo-nos a respeito das técnicas que:

*os humanos têm todos os tipos de formatos e tamanhos; possuem padrões neuromusculares diferentes que fazem com que eles movam-se de maneira diferentes. Alguns flutuam facilmente e são aerodinâmicos, e, por isso, conseguem deslizar habilmente pela água, outros não; alguns incorporam conceitos rapidamente e têm*

*sentido tátil altamente desenvolvido; e alguns são flexíveis e movem-se com facilidade e habilidade, enquanto outros não são tão bem-dotados. Um treinador habilidoso, portanto, terá de perceber as características individuais antes de decidir de qual assistência (se existir) o nadador poderá precisar para incrementar seu nado para atingir a eficiência máxima.*

#### **4.2.1 A Técnica do Nado Crawl**

De acordo com o referencial bibliográfico de Colwin (2000), o estilo é caracterizado pela coordenação do tempo do braço e transições suaves de uma fase da braçada para outra. Por meio das seqüências de mudanças do nado, o corpo assume alinhamentos aerodinâmicos que reduzem a resistência e prolongam o momento que cada braçada desenvolve-se.

A braçada, relevante para o estudo aqui presente, consiste em três movimentos curtos de palmateio: a mão palmateia ligeiramente para fora, a partir da linha do complexo do ombro após entrar na água; depois ela muda de direção, para dentro e atravessa a linha central do corpo no meio do trajeto; e por fim, ela gira ao passar pelos quadris enquanto a braçada termina. Os movimentos de palmateio para dentro e para fora, sob o tronco, geram forças de impulsão, estes movimentos caracterizam o padrão 's' de braçada. Apesar de a velocidade geral da mão acelerar durante a braçada, há uma queda notável da curva da sua velocidade quando o primeiro impulso termina e o segundo começa.

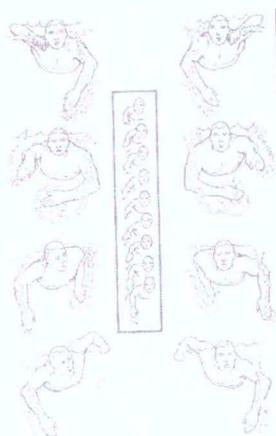
A mão move-se mais lentamente na entrada do que em qualquer outra fase da braçada, pois uma entrada muito rápida, reduz a velocidade de avanço do corpo. Durante a entrada e a parte inicial da braçada o cotovelo deve ficar mais alto do que a mão, proporcionando uma boa alavanca e dando ao braço um formato abaulado e delgado que provavelmente ajudará na posição mais elevada do corpo. O cotovelo alto é apenas uma fase temporária da braçada e não deve ser mantido por muito tempo, pois isso causaria ação de desequilíbrio. No meio do trajeto da braçada, o cotovelo deve atingir uma flexão de aproximadamente 90°. Depois da entrada da mão, desempenha um curto movimento de palmateio para baixo e para fora, apenas até a linha do complexo do ombro, até atingir o ponto em que sua direção muda: em vez de ir para baixo, vai para trás, logo, a velocidade da mão acelera durante seu trajeto curvilíneo até o fim da braçada.

Enquanto o braço que está acelerando desencadeia uma força, o que está à frente desliza para a entrada na água com velocidade consideravelmente mais baixa conforme ele canaliza e

direciona o fluxo na preparação para a próxima braçada. A sutil coordenação do tempo entre os braços resulta em duas braçadas diferentes: uma lenta, realizada pelo braço que está entrando; e outra com maior aceleração, do braço que dá o impulso.

O corpo pode rolar uniformemente em seu eixo longitudinal, devido à ação aerodinâmica na água, permitindo que os braços façam rotação uniforme envolvendo os grandes músculos do tronco na braçada. A coordenação no tempo da braçada com a rotação do corpo é alcançada iniciando-se a puxada enquanto o corpo gira na direção do braço que está na frente, e coordenando-se o tempo do final da braçada com a rotação do corpo na direção oposta do braço que está realizando a braçada.

O braço relaxa quando é recuperado da água, com o cotovelo alto e o antebraço oscila lentamente para frente em uma ação semicircular controlada até que a mão esteja alguns centímetros adiante do rosto. A partir daqui, a mão desliza pela água em uma linha imaginária que sai da axila e vai para frente. O cotovelo permanece flexionado e posicionado levemente acima do punho, conforme o braço estende-se lentamente para frente na água, o nadador permite que o corpo continue seu movimento através da puxada do braço oposto.



*Figura 71 – Braçadas do Nado Crawl. Visão frontal.*

*Fonte: Colwin, 2000:40.*

A recuperação do braço é cuidadosamente controlada porque afeta a aerodinâmica e o equilíbrio do corpo. A fase semicircular inicial da recuperação mantém o corpo equilibrado sobre o braço oposto, quando este começa a sua braçada. Na segunda fase da recuperação, à medida que a mão move-se para frente dentro da água em posição adiante do rosto, ela ajuda o corpo, completando, assim, uma transição sutil do fim da braçada até o início da outra.

### 4.2.2 A Técnica do Nado Costas

Os fundamentos do nado costas são similares aos do nado crawl, apresentando duas exceções significativas: neste estilo o rosto não permanece submerso não havendo necessidade de mecânica de virar a cabeça para respirar; além disso, ele é executado com os braços ao lado do corpo.

Este estilo é menos eficiente porque as limitações estruturais colocam os braços em desvantagem mecânica, pois eles não conseguem puxar diretamente sob o corpo e desenvolver sua força potencial completa, inibindo a frequência ideal de braçadas. O braço entra na água atrás do complexo do ombro, com o cotovelo estendido, sendo o primeiro contato realizado com o dedo mínimo. O braço oposto, com a palma da mão virada para baixo, completa sua puxada com impulso vigoroso abaixo dos quadris e por breve momento, os braços estão completamente submersos e gerando propulsão contínua. Ininterruptamente, o braço que está entrando na água é pressionado para o fundo alinhando-se às costas; depois o cotovelo inicia flexão e o corpo gira na direção do braço que está puxando. O braço oposto, guiado pelo complexo do ombro, sai da água.

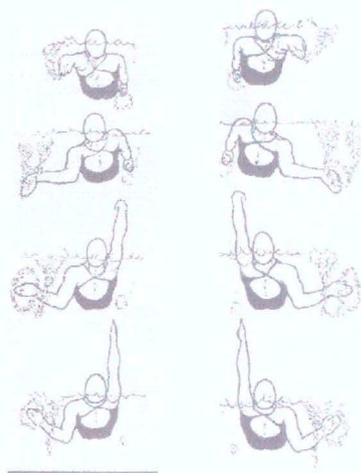


Figura 72 – Braçadas do Nado Costas. Visão frontal.  
Fonte: Colwin, 2000:43.

O braço que está em recuperação e com extensão de cotovelo é recuperado no plano vertical em trajetória orientada diretamente sobre o complexo do ombro. A rotação do corpo inicia-se na direção reversa e o cotovelo do braço que está puxando continua a flexionar-se. O braço em recuperação, sem desviar-se verticalmente, acelera quando passa da linha do complexo

do ombro e essa aceleração irá causar superposição na braçada assim que o braço entrar na água. O braço que está puxando atinge a flexão máxima do cotovelo de aproximadamente 90° e agora está pronto para pressionar para baixo na direção final da braçada.

### 4.2.3 A Técnica do Nado Borboleta

O nado borboleta eficiente depende da coordenação precisa do tempo do movimento da cabeça, da braçada e da ação de duas pernadas para garantir que os quadris estejam sempre altos na água.

A cabeça é essencial para boa posição do corpo; o rosto deve sair e entrar na água antes das mãos. Os braços ficam quase estendidos quando entram na água além da linha dos seus respectivos ombros. O palmateio inicial para fora é executado enquanto os braços afastam-se para fora e para baixo. Quando os cotovelos flexionam-se, as mãos fazem movimento circular para dentro, que une-as sob o corpo até quase tocarem-se.

A braçada termina quando as mãos giram para fora e passam pelos quadris. Através da representação esquemática abaixo, podemos notar como o queixo é gradualmente direcionado para frente, enquanto a braçada progride até que a boca saia da superfície para a inspiração no momento em que as mãos completam seu impulso para trás.

Notamos também como a cabeça submerge antes de os braços entrarem completamente na água e depois sai da água novamente antes de as mãos saírem da superfície na sua recuperação.

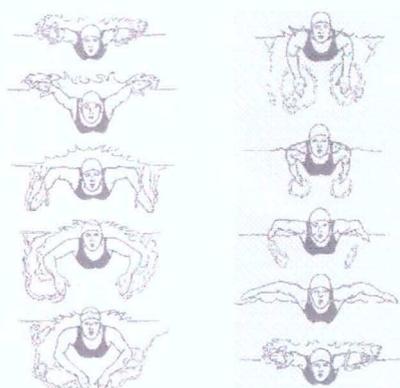


Figura 73 – Braçadas do Nado Borboleta. Visão frontal.  
Fonte: Colwin, 2000:46.

#### **4.2.4 Erros Comuns de Técnica de Nado**

Neste item, haverá ênfase nos erros comuns de técnica de nado cometidos e despercebidos por técnicos, treinadores e atletas. Reafirmando a descrição de Hall (2000), na qual os movimentos realizados acima da cabeça, característicos e semelhantes àqueles utilizados nos nados, “principalmente, o livre, borboleta e costas, atividades nas quais pode haver lesão no manguito rotador através da síndrome do choque” (Hall, 2000:100), faz-se necessária a compreensão dos erros de técnicas de nado.

##### **4.2.4.1 O Nado Crawl**

Os erros serão descritos de acordo com as fases do nado conforme o referencial bibliográfico de Maglischo (1999), dentre eles: *erros de recuperação e entrada; erros de varredura para baixo; erros de varredura para dentro; erros de varredura para cima; e erros de respiração.*

##### **4.2.4.1.1 Erros de Recuperação e Entrada**

Os erros mais comuns que os nadadores cometem durante a recuperação do braço são: o uso de demasiado esforço criando arrasto de onda desnecessário quando o braço entra na água; o balanço do braço sobre a água com movimentos baixos e amplos desalinhando o corpo e mudando o fluxo da água e criando arrasto; ultrapassar o ponto correto e não chegar até este ponto causando colisão com grande coluna de água e a criação de turbulência em sua superfície e na região situada imediatamente abaixo desacelerando a velocidade de progressão; os erros mais comum durante a entrada é a orientação incorreta da mão, pois a ampla superfície das costas da mão faz pressão a frente contra a água.

##### **4.2.4.1.2 Erros de Varredura para Baixo**

Os erros mais comuns são: o cotovelo caído voltando o antebraço para baixo no início da varredura; e deslizar demasiadamente a mão para fora retardando o agarre. Ele também pode

empurrar alguma água para o lado caso tente aplicar força, mas isso prejudicará seu alinhamento lateral.

#### **4.2.4.1.3 Erros de Varredura para Dentro**

Os erros mais freqüentes cometidos pelos nadadores são: empurrar a mão sem mudar sua inclinação de fora para dentro fazendo com que o fluxo de água passe por baixo da mão sem mudar de direção e com ângulo de ataque perto de zero; e inclinar a mão para dentro cedo demais com ângulo excessivo quando ela avança para baixo do corpo, o que criará turbulência e redução da velocidade de progressão e perda de propulsão.

#### **4.2.4.1.4 Erros de Varredura para Cima**

Nessa fase da braçada, muitos nadadores estendem o braço com demasiada rapidez no cotovelo e tentam empurrá-lo contra a água até que a mão chegue à superfície, fatores que causam o mesmo problema: o antebraço e a mão estendem-se demasiadamente e muito cedo apresentando ângulo de ataque perpendicular à sua direção para cima por meio da água, empurrando a água para cima em vez de deslocá-la para trás, causando desaceleração de sua velocidade de progressão.

#### **4.2.4.1.5 Erros de Respiração**

Os erros mais comuns cometidos pelos nadadores ao respirarem são: virar a face cedo demais ou tarde demais; erguer a cabeça; retornar a cabeça à água com demasiada lentidão; projetar a cabeça para trás, fora do alinhamento, fatores que provocarão perda de força propulsiva.

#### **4.2.4.1.6 Sobrecarga Articular no Nado Crawl**

Yanai, Hay e Miller (2000:21), em um primeiro estudo, desenvolveram métodos para identificar as posições e orientações do complexo do ombro exibidas na braçada do nado crawl

em nadadores de competição e na medição de seus ângulos nos quais presencia-se sobrecarga. Um estudo posterior realizado por Yanai e Hay (2000:30), utilizou-se método de análise da braçada do nado crawl para determinar o momento em que o complexo do ombro sofreu a sobrecarga determinada pela influência de fatores de seleção como a velocidade da braçada, o uso ou não de palmares e o estilo da respiração, além das variáveis cinemáticas.

No primeiro estudo destes autores, realizado em laboratório com um atleta universitário da equipe masculina de natação, as posições e orientações do complexo do ombro foram definidas a partir das combinações dos ângulos de elevação e rotação interna medidas em toda escala funcional do ombro. Observou-se que a sobrecarga está presente no momento em que o ângulo de elevação alcançou o seu máximo, ou seja, a entrada do braço na água e isso aponta que a força hidrodinâmica exercida na mão forçosamente eleva o braço além do ângulo máximo voluntário, aumentando o torque na articulação do ombro. Observou-se também a presença de sobrecarga quando o ângulo de rotação interna assemelha-se ou excede o seu limite de amplitude.

No segundo estudo, realizado com onze nadadores masculinos universitários, houve medição de amplitude ativa articular em laboratório e também testes para análise da técnica da braçada do crawl na piscina. Em um primeiro momento, realizaram execução de dois eventos de longas distâncias, uma com palmar e a outra sem o seu uso; e execução de dois eventos de velocidade, um com uso de palmar e o outro sem o seu uso. Aos eventos foi-lhes dado a livre escolha do lado de respiração a cada dois ciclos de braçadas.

Os resultados apontaram que há sobrecarga na metade da fase subaquática e de recuperação de braçada; a 'pegada longa' causa lesões no estilo crawl (após a entrada do braço na água, forças resistivas da água atuam forçosamente na mão provocando elevação além da amplitude articular ativa do ombro, gerando compressão na estrutura subacromial); sobrecarga na fase de recuperação (há excessiva amplitude de rotação interna do ombro); não houve diferença entre os valores obtidos nos eventos de longa distância e velocidade; o uso de palmar causa atraso da rotação externa na fase de recuperação e adianta a amplitude máxima da rotação interna; o uso unilateral da respiração sobrecarrega o ombro oposto; nadadores com maior amplitude articular são menos suscetíveis à sobrecarga no ombro na fase de recuperação; a técnica de movimentação e flexibilidade do ombro devem ser unidas para a prevenção de sobrecarga articular no complexo; e por fim, os nadadores que realizam menos rotação interna na fase da tração e recuperação sofrem menos sobrecarga.

#### **4.2.4.2 O Nado Costas**

Os erros serão descritos de acordo com as fases do nado conforme o referencial bibliográfico de Maglischo (1999), dentre eles: *erros da primeira e segunda varredura para baixo; erros da primeira e segunda varredura para cima; erros de liberação, recuperação e entrada; erros de posição do corpo.*

##### **4.2.4.2.1 Erros da Primeira Varredura para Baixo**

O erro mais comum que os nadadores cometem durante essa fase da braçada consiste em tentar a aplicação de forças antes que o braço esteja em plano suficientemente profundo e com abertura adequada para execução de agarre efetivo.

Esse erro pode assumir duas formas: primeiro, os nadadores podem empurrar a água para baixo, fator extremamente perigoso em relação às lesões no complexo do ombro uma vez que, toda a força vigorosa estará sendo aplicada no complexo do ombro através de uma alavanca que impulsionará o corpo para cima; segundo, eles podem empurrar a água para o lado, o que também poderá comprometer a estabilidade do complexo do ombro, pois haverá a pressão para fora, contra a água, enquanto seu braço e sua mão estão movendo-se para o lado, ou seja, haverá abdução forçada.

##### **4.2.4.2.2 Erros da Segunda Varredura para Baixo**

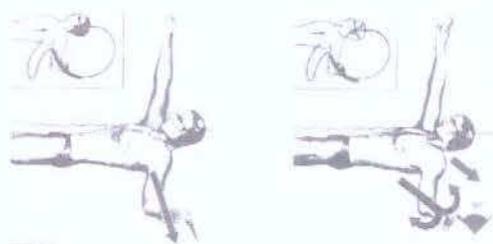
Os dois erros mais comuns da segunda varredura para baixo são: primeiro, no qual os nadadores movimentam a mão para trás e para dentro na direção da coxa; e o segundo consiste em realizar a segunda varredura para baixo com as pontas dos dedos apontadas para cima.

##### **4.2.4.2.3 Erros da Primeira Varredura para Cima**

Os erros mais comuns que os nadadores cometem nessa fase da braçada consistem em: manter o braço reto, utilizando o braço como remo empurrando a água para o lado durante boa parte do movimento; e não mudar o ângulo de sua mão deixando o grau aproximado a zero, no

qual nenhuma força retrógrada é transferida para a água quando a mão do nadador movimenta-se para cima.

Alguns nadadores cometem o erro inverso ao citado acima, girando demasiadamente a palma da mão durante a primeira varredura para cima em tal intensidade que ela praticamente fica perpendicular à direção na qual está se movendo. Neste ângulo de ataque, o nadador irá empurrar água para cima até que torne-se turbulenta; os nadadores que cometem esse erro queixam-se que seu ombro está sendo empurrado para baixo, para a água, ao deslocarem sua mão para cima, e este pode ser outro fator de risco às lesões, pois a força necessária para a elevação do corpo submerso deve ser de grande magnitude e o braço está abduzido e prestes a realizar rotação contra grande resistência da água, fatores estressantes para o complexo do ombro.



*Figura 74 – A Primeira Varredura para Cima. O complexo do ombro é puxado para baixo devido ao erro de técnica do nado de costas, no qual a mão do nadador é perpendicular à direção na qual está se movendo. Nota-se que o braço está abduzido e presta a realizar rotação contra uma força resistida de grande magnitude: a água.*

*Fonte: Maglischo, 1999:440.*

#### **4.2.4.2.4 Erros da Segunda Varredura para Cima**

Os nadadores que usam essa fase da braçada para a propulsão têm a tendência de cometer dois erros: primeiro, eles inclinam demasiadamente a mão para cima, sacrificando a propulsão potencial, submergindo os quadris e prejudicando drasticamente a sua velocidade de progressão; segundo, eles pressionam contra a água por mais tempo que o necessário enquanto o braço desloca-se para a superfície, isto será contraproducente, pois a inércia da mão para trás deverá ser superada durante a segunda metade de seu deslocamento até a superfície, de modo que possa começar seu movimento para frente até a recuperação sem sofrer retardo.

Os nadadores e praticantes do nado de costas que usam a segunda varredura para a propulsão devem ser alertados a diminuir a pressão sobre a água e a começar a recuperação do braço quando sua mão aproximar-se da parte de baixo da coxa.

#### **4.2.4.2.5 Erros de Liberação, Recuperação e Entrada**

Há dois erros observados e freqüentes durante a liberação e a saída da mão da água: primeiro, levar o braço para fora da água com o dedo mínimo para cima e a palma voltada para fora, rodando o úmero externamente na articulação do complexo do ombro e causando tensão desnecessária durante a recuperação; e segundo, levar a mão para fora da água com a palma voltada para baixo, pois haverá maior probabilidade de aumento no arrasto devido à pressão contra a água com a superfície mais larga do dorso da mão, em vez de pressioná-la com a parte afilada da borda da mão. Os erros mais comuns cometidos pelos nadadores ao fazerem a entrada da mão na água são: ultrapassar e não chegar ao ponto correto; colidir com o dorso da mão na água; e colocar em primeiro lugar as pontas dos dedos na água.

#### **4.2.4.2.6 Erros de Posição do Corpo**

Os erros mais comuns são: nadar com a cabeça em uma posição elevada; assumir posição ‘carpada’ muito excessiva na cintura.

#### **4.2.4.3 O Nado Borboleta**

O nado borboleta também será descrito com base em Maglischo (1999) e serão abordados os seguintes erros de técnicas mais comuns neste nado: *erros de varreduras: para fora e dentro; erros de varredura para cima; erros de recuperação e entrada; e erros de respiração.*

##### **4.2.4.3.1 Erros de Varreduras: para Fora e Dentro**

Um erro comum cometido durante a varredura para fora consiste em pressionar para fora com seus braços com força excessiva empurrando a água para fora e desacelerando a velocidade de progressão. O erro habitual cometido durante a segunda metade da varredura para dentro é manter suas mãos voltadas para baixo em vez de ligeiramente inclinadas para dentro não abreviando a varredura e não encurtando a fase propulsiva.

#### **4.2.4.3.2 Erros de Varredura para Cima**

Neste caso, os erros ocorrentes no nado borboleta são os mesmos já mencionados para as braçadas no crawl nesta etapa da parte submersa da braçada.

#### **4.2.4.3.3 Erros de Recuperação e Entrada**

Os dois erros mais comuns são: primeiro, recuperar o braço muito alto acentuando a instabilidade do complexo do ombro em posição abduzida; e segundo, arrastá-los pela água, o que amplia consideravelmente o arrasto e aumenta o potencial de força resistiva criada pela água, acentuando o risco de lesões.

#### **4.2.4.3.4 Erros de Respiração**

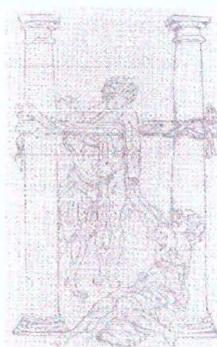
Os erros de respiração assumem formas em que o nadador fica em posição muito baixa na água, ou sai muito para fora da água, ou seja, respira muito cedo ou atrasado demais. A posição errada do corpo na água gera enorme quantidade de força criada para a velocidade de progressão e propulsão, logo, as estruturas do complexo do ombro podem estar sendo afetadas se esta técnica não estiver sendo bem executada.

A seguir, estaremos em contato direto com as lesões do complexo do ombro de nadadores, bem como algumas lesões decorrentes de lacerações nos músculos do manguito, suas causas e análises da pré-disposição do desportista recreativo e competitivo em relação ao tema.

## 5 A LESÃO

As lesões podem ser definidas como “prejuízo para o corpo que limita a atividade ou provoca incapacidade inviabilizando o treino e as competições do atleta” (Arnheim e Prentice, 2002:44); ou ainda: “dano causado por algum fator e agüentado pelos tecidos do corpo” (Whiting e Zernicke, 1998:02).

Lesões envolvendo as estruturas músculo-esqueléticas têm origens antigas, para Whiting e Zernicke (1998:03), “evidências de lesões em fósseis de vertebrados e patologias em ossos de dinossauros sugerem que as lesões são tão antigas quanto à vida em si”. Essas evidências a respeito de distúrbios músculo-esqueléticos são comumente vistas na arte das antigas civilizações, geralmente em estátuas e pinturas em paredes que remontam a era antiga.



*Figura 75 – A Presença de Lesões no Mundo Antigo. Ilustração representando técnica histórica utilizada por Hippócrates (460-377 a. c. – ‘o pai da medicina’) para redução do deslocamento ou luxação do complexo do ombro em uma viga de madeira.*

*Fonte: Whiting e Zernicke, 1998:04.*

A seguir, haverá análise das possíveis causas para lesões na natação, recreativa e competitiva, nas quais os atletas são acometidos.

## 5.1 Possíveis Causas de Lesões na Natação

Meeuwisse (apud Carneiro e Lima, 1999:197) descreveu que há fatores *intrínsecos* e *extrínsecos* que desencadeiam lesões no esporte. Entre os fatores intrínsecos estão: a idade; diminuição do grau de flexibilidade; lesões prévias; determinado tipo somatotipo; fatores psicológicos (estresse, motivação); fatores sociais e desbalanceamento de forças. Nos extrínsecos estão os equipamentos; condições ambientais desfavoráveis; uso de técnicas erradas; outras.

Para Cunha et al (2002):

*a prática da natação competitiva leva a um crescente número de lesões musculares, tendinosas e ligamentares, devido aos esforços individuais dos atletas em superar seus próprios limites para promover maior desempenho para sua equipe ou individual.*

O complexo do ombro é potencialmente sujeito às lesões das mais variadas causas. Na natação, como veremos a seguir, que há fatores responsáveis pelo aparecimento e/ ou agravamento de lesões nos atletas, são: *a frouxidão ligamentosa*; o *uso repetitivo* das estruturas do complexo (overuse); o *super-treinamento* (overtraining), *aspectos fisiológicos, psicológicos e nutricionais*; bem como outros relevantes a este estudo.

### 5.1.1 A Frouxidão Ligamentosa e a Biomecânica

Quando descreve-se a respeito da frouxidão ligamentosa nas estruturas do complexo do ombro, a autora Hillman (2002:36) afirma-nos que:

*o problema mais comum entre os nadadores competitivos envolve a articulação do ombro. Na maioria das vezes, a lesão é causada, ou exacerbada, pelo uso de remos manuais em exercícios de 'puxamento'. Atletas com frouxidão ligamentosa no ombro poderão ter muito mais dificuldade ao exercitá-lo do que outros nadadores. Exercícios específicos e a restrições do uso de remos manuais são muitas vezes necessários.*

Whiting e Zernicke (1998:181) explicam que a instabilidade glenoumeral consiste “na frouxidão excessiva das estruturas cápsulo-ligamentares que ficam incapazes de estabilizar a articulação em movimentos excepcionais além da amplitude normal”.

Arnheim e Prentice (2002:507) descrevem que “as instabilidades do complexo do ombro podem ser atribuídas a causas traumáticas (macrotraumáticas), atraumáticas, microtraumáticas (uso repetitivo), congênicas e neuromusculares”. Skyhar, Warren e Altcheck (apud Arnheim e Prentice, 2002:507), analisam que “os episódios atraumáticos ocorrem em atletas que, voluntária ou involuntariamente, deslocam a articulação do complexo do ombro em virtude de frouxidão ligamentar inerente”. Os mesmos autores ainda prosseguem afirmando que:

*os episódios microtraumáticos, gerados pelo uso repetitivo do ombro, envolvendo habitualmente alguma falha biomecânica, resulta em frouxidão dos tecidos moles; a maior frouxidão das estruturas capsulares e tendinosas de apoio, evolui para maior instabilidade e, dessa forma, faz aumentar a probabilidade de subluxações e luxações recidivantes.*

“Defeitos hereditários, congênicos e adquiridos podem predispor o atleta a um tipo específico de lesão” (Arnheim e Prentice, 2002:195). Alguns autores como Hall (2000) e Homsí (2002) associam lesões no complexo do ombro de nadadores com o uso do palmar durante os treinamentos, pois após a entrada do braço na água, a força fluida exercida na mão pelo uso do palmar é grande, causando elevação forçosa do braço ou até além da amplitude limite de elevação.

Maglischo (1999:326) explica que a rotação interna excessiva do complexo do ombro aumenta a probabilidade de lesões e que esta rotação ocorre quando os nadadores tentam empurrar seus cotovelos para cima enquanto estão realizando força contra a água atrás, logo, a cabeça do úmero projeta-se para frente impactando com o arco coracoacromial. “A rotação medial será menos intensa se a varredura para baixo for efetuada pelo deslocamento do braço e da mão para baixo, sem empurrá-los para trás, até que tenha-se conseguida a posição de cotovelo elevado” (Maglischo, 1999:327).

Ciullo (1996:16) afirma que:

*nas 'puxadas' acima da cabeça, na fase de entrada da mão na água quando o úmero faz rotação externa e abdução de 180° enquanto o bíceps é ativado e flerte o cotovelo, o subescapular ativa-se assim que a extremidade superior atinge a superfície da água e o rolamento do corpo, iniciado neste ponto, é um importante fator na amplificação de energia e na prevenção contra o estresse no complexo do ombro.*

O autor ainda analisa que durante a fase de 'puxada' média, com o braço em 90° de abdução e mudando da rotação externa, o grande dorsal é ativado ao pico quando o corpo rola ao máximo. A contração do grande dorsal e do subescapular continua através da fase de 'puxada' até que o braço esteja plenamente abduzido e rodado internamente com a recuperação da posição horizontal do corpo. O peitoral maior também é ativado neste movimento.

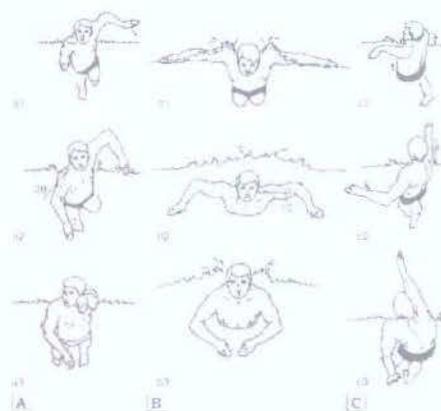


Figura 76 – Análises do Movimento na Nataação. A – Estilo Livre: braço direito – (1) entrada da mão, (2) 'puxada' média, (3) fim da 'puxada'; braço esquerdo – (1) elevação do cotovelo, (2) recuperação média, (3) entrada da mão. B – Borboleta: (1) recuperação média, (2) 'puxada' média, (3) fim da 'puxada'. C – Costas: braço direito – (1) elevação da mão, (2) recuperação média, (3) entrada da mão; braço esquerdo – (1) entrada da mão, (2) 'puxada' média, (3) fim da 'puxada'.

Fonte: Ciullo, 1996:16.

Neste ponto, o deltóide médio aumenta a atividade através da inteira fase de recuperação quando o braço está abduzido acima da cabeça. Iniciando a fase de recuperação com a elevação do cotovelo, o músculo supra e o infra-espinhal, assim como o serrátil anterior, ativam-se até o reinício da fase de 'puxada'. “A respiração unilateral pode desbalancear o sistema de energia de amplificação e conduzir ao estresse do complexo do ombro” (Ciullo, 1996:17).

### 5.1.2 O Uso Repetitivo (overuse)

Para Hamill e Knutzen (1999:167), “a articulação do complexo do ombro é comumente lesada por trauma direto ou por uso excessivo” das estruturas. No caso da nataação, na “o uso repetitivo é uma das causas mais comuns de lesões” (Hillman, 2002:145).

O nadador envolvido em treinamento intenso tem a articulação de cada ombro “girando aproximadamente 100.000 vezes por semana, mais de 2,5 milhões de vezes em uma temporada de seis meses, portanto, não é de se surpreender que os músculos, tendões e ligamentos ao redor

das articulações dos ombros tornam-se sujeitos a problemas” (Colwin, 2000:164). Este autor ainda analisa que “a extenuação e o constante contato levam primeiramente à inflamação das bursas e depois à dor, que pode ser severa e provocar grandes limitações na amplitude dos movimentos” (Colwin, 2000:164).

Além de defeitos hereditários, congênitos e adquiridos que predisõem os atletas às lesões, “anomalias na estrutura anatômica ou no biotipo (somatotipo) podem tornar o atleta propenso às lesões e a aplicação incorreta de determinada habilidade constitui causa comum de lesões por uso excessivo” (Arnheim e Prentice, 2002:195). Moraes Filho (s/d.) explica que o *overuse* retrata o “conjunto de alterações fisiológicas que envolvem tanto as funções musculares como as hormonais e imunológicas resultando em fadiga prolongada, lesões e redução da performance”. Arnheim e Prentice (2002:196) ainda analisam que:

*as lesões que manifestam-se como resultado de estresse anormal, repetitivo e dos microtraumas, enquadram-se em uma classe com certas síndromes identificáveis. Essas lesões por estresse resultam com frequência em limitação ou restrição do desempenho nos desportos. A maioria dessas lesões está relacionada diretamente com a dinâmica das corridas, arremessos, (...). As lesões podem resultar em estresse constante e repetitivo aplicado aos ossos, às articulações ou aos tecidos moles; de força agindo sobre uma articulação em amplitude externa de movimento; ou de atividade prolongada e extenuante<sup>3</sup>.*

### 5.1.3 O Supertreinamento (overtraining)

Dantas (1998:236) ressalta que o supertreinamento pode ser causado por:

*aumento muito rápido da quantidade e intensidade do treinamento. Treinamento técnico exageradamente forçado, (...), muitos campeonatos com intervalos de recuperação insuficientes, sobrecargas emocionais de caráter profissional ou privado, falta de sono ou sono de má qualidade e alimentação errônea.*

Maglischo (1999, p. 213) descreve que:

---

<sup>3</sup> É importante ressaltar que a dinâmica do arremesso é semelhante à da natação por tratarem-se de movimentos realizados acima da cabeça.

*o supertreinamento é um termo empregado na identificação de uma condição que surge quando os mecanismos de adaptação dos atletas foram forçados até a ocorrência de falhas. Os atletas podem criar tensão excessiva ao excederem a tolerância para determinada forma de treinamento mediante sua prática com demasiada frequência. A tensão excessiva pode ser decorrente da insuficiência de tempo para o repouso e recuperação.*

O autor ainda analisa que não deve-se evitar a ocorrência de tensões (estresses) durante o treinamento, bem o contrário, “doses freqüentes e progressivas de formas específicas de estresse são exigidas para que os sistemas fisiológicos sejam estimulados objetivando níveis ideais de adaptação” (Maglischo, 1999:213).

O problema está presente quando o estresse excede a tolerância do treinamento do atleta e as conseqüências do treinamento “passam de habituais efeitos anabólicos (de construção) para os que são catabólicos, ou seja, o estresse passa a desgastar o atleta” (Maglischo, 1999:213); ou “estresse negativo, contribuindo para saúde precária, enquanto o estresse positivo aprimora o crescimento e o desenvolvimento” (Arnheim e Prentice, 2002:215).

Hans Selye (apud Maglischo, 1999:213) apresentou uma teoria denominada *síndrome do estresse*, na qual as pessoas são afetadas de forma específica e geral. As reações específicas são diferentes, dependendo da natureza do agente estressor, mas as reações gerais ao estresse são semelhantes em todos os seres vivos, logo, qualquer estressor específico afeta não só certo sistema fisiológico, mas também todos os outros sistemas. Selye ainda analisa que os estressores específicos mais comuns que atuam em todos os nadadores são: *treinamento, obrigações acadêmicas e sociais, ansiedade e enfermidade e contusões*.

Para Samulski (2002:146), “o estresse é um complexo processo psicobilológico envolvendo agentes estressores, perceptores e reações emocionais como ansiedade”. Para Arnheim e Prentice (2002:214) “ao estresse denominam-se as forças positivas e negativas que podem alterar o equilíbrio corporal” e o autor ainda argumenta, em se tratando do desporto enquanto fator estressor, que “o estresse não é algo que um atleta possa fazer ao seu corpo, mas é algo que o encéfalo diz ao atleta que está acontecendo” (Arnheim e Prentice, 2002:214). Há ainda o alerta de que o “supertreinamento pode resultar em colapso psicológico (esgotamento) ou colapso fisiológico podendo envolver lesão músculo-esquelética, fadiga ou enfermidade” (Arnheim e Prentice, 2002:71).

A tabela 04 abaixo relaciona os sintomas associados ao supertreinamento. Todos estes são também reações “comuns ao treinamento e à competição e é tão somente quando eles parecem ser exagerados ou persistem por períodos maiores do que o normal que devemos suspeitar de supertreinamento” (Maglischo, 1999:215).

*Tabela 04 – Sintomas do Supertreinamento.*

<i>Desempenho</i>	<i>Físicos</i>	<i>Psicológicos</i>
Tempos mais lentos nas competições e no treinamento	Perda de peso	Depressão
	Contusões/ dores nas articulações e músculos	Irritabilidade
	Reações alérgicas	Insonia
	Perda de apetite	Ansiedade
	Coriza e sinusite	Retraimento
	Náusea	Dificuldade de concentração
	Falta de energia	Perda de confiança

*Fonte: Maglischo, 1999:215.*

Maglischo (1999:216) afirma que “infelizmente quando os sintomas tornam-se evidentes, o nadador já terá entrado em estado de deficiência adaptativa e, apesar disso, a condição não será demasiadamente grave a ponto de não permitir correção”.

Este autor ainda descreve que há dois tipos de supertreinamentos que os atletas podem estar sujeitos: o *inibitório*, processo cujas causas ainda não foram esclarecidas, mas pode estar relacionado à redução das reservas de energia muscular fazendo com que o corpo ‘feche-se’ para a reposição da energia, ou pode ser causado pelo acúmulo de certos subprodutos da oxidação, os radicais livres; e o *excitatório*, categoria caracterizada pela reação de ‘lutar ou fugir’, ou seja, os nadadores tornam-se agitados, hostis e/ ou retraídos.

O excitatório ocorre mais rápido que o inibitório e parece ser precipitado por quantidades excessivas de natação de alta intensidade ou por problemas emocionais além da possibilidade de outros estressores não ligados ao treinamento.

Com relação ao diagnóstico da condição de supertreinamento do atleta por meio de testes físicos, Maglischo (1999:224) descreve-nos:

*as pesquisas vêm gerando grande dose de interesse no mundo da natação, quanto à obtenção de marcadores fisiológicos que possam identificar os atletas que entraram em estado de supertreinamento antes que esse problema venha a se tornar grave. As tentativas com esse objetivo são: medidas de consumo de oxigênio, lactato sangüíneo, frequência cardíaca e de braçadas, potência muscular, capacidade anaeróbia, pressão sangüínea, ECGs, leucócitos, enzimas musculares, alterações hormonais, proteínas urinárias e sangüíneas e estados de espírito psicológicos. Entretanto, nenhum desses métodos mostrou-se inteiramente preciso e alguns testes são caros e de complicada aplicação e avaliação.*

Outros autores também evidenciam-nos possíveis imprecisões dos testes realizados, pois, “o uso das medidas do lactato e da frequência cardíaca para determinar a natureza do treinamento beneficia os treinadores consideravelmente, mas há dúvidas sobre a validade das curvas de velocidade do lactato na medição do condicionamento na natação” (Colwin, 2000, p. 177).



*Figura 77 – Teste de VO<sub>2</sub>máx. Conduzido no Australian Institute of Sport, em Camberra.  
Fonte: Colwin 2000:177.*

O pensamento de Maglischo (1999:214), dá-nos base para expressar algumas idéias:

*é pena que o termo supertreinamento tenha ficado associado a essa condição. A conotação dada é que os atletas estão treinando demais. Na realidade, a teoria de Selye implica muitos outros fatores casuais. Os atletas podem e devem envolver-se em grandes volumes de treinamento caso tenham tempo suficiente de recuperação, consumam suficientes quantidades dos tipos certos de calorias e possam resolver seus estresses ocorrentes fora da atividade atlética. Eles podem sobrecarregar freqüentemente cada sistema de energia, mediante séries de natação muito intensas e que representem verdadeiros desafios, quando também precisam ter tempo suficiente para repouso e recuperação de modo que o estresse não venha a tornar-se intolerável.*

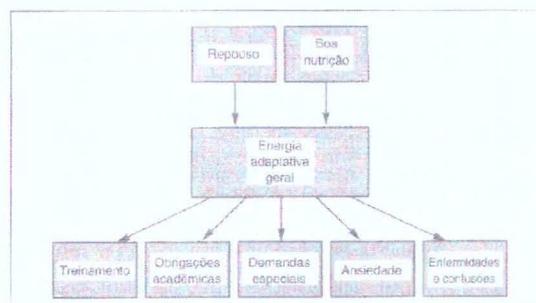


Figura 78 – Teoria da Adaptação Geral de Selye Aplicada aos Nadadores. O reservatório de energia adaptativa geral flui ‘para baixo’ repondo a energia que perde-se diariamente em cada uma das reservas específicas e este reservatório é realimentado pelo repouso e por uma nutrição adequada.

Fonte: Maglischo, 1999:214.

#### 5.1.4 Aspectos Fisiológicos, Psicológicos e Nutricionais

As condições fisiológicas que possivelmente acarretam lesões nos nadadores são diagnosticadas através de sintomas físicos, ou seja, sinais presentes no atleta, por exemplo: “frequência cardíaca mais elevada para determinada ocasião, queixas de cansaço durante nados em velocidades moderadas e incapacidade de nadar séries nos ritmos do limiar anaeróbico ou superiores sem que venha a ocorrer fadiga incomum” (Maglischo, 1999:215), indicam que a relação gasto/ reposição de energia pode estar sendo prejudicada levando a exigência máxima do organismo sem as específicas condições para tal. Para Palmer (1990:49):

*um fator importante na técnica de estilo do nadador é a lei fisiológica em que a utilização de energia do músculo ou grupo muscular eleva-se aproximadamente ao cubo com a velocidade da contração. Isto significa que se o braço traciona em determinada distância na água em um segundo e usa dez unidades de energia, se o tempo de tração diminuir para meio segundo, a dissipação de energia nos músculos será de cem unidades. Deve-se então considerar a economia de movimento.*

“Todos os organismos vivos são capazes de enfrentar as situações estressoras, (...), uma vida saudável deve possuir equilíbrio de estresse, pois a quantidade pequena de estresse causa empobrecimento e a excessiva produz esgotamento” (Arnheim e Prentice, 2002:215). Aliados aos fatores fisiológicos, que podem resultar em lesões, estão os fatores psicológicos que, não obstante, agravam o quadro e auxiliam no trágico resultado obtido. De acordo com o referencial bibliográfico de Arnheim e Prentice (2002), há alguns fatores da personalidade do atleta que

resultam em lesões, pois excluindo-se as situações de alto risco, alguns atletas parecem sofrer número exagerado de lesões, dentre eles: atletas ansiosos, tensos, agitados e nervosos podem ser mais propensos à lesões. Uma sensação de insegurança, que reflete-se por baixa auto-confiança e baixa auto-estima podem predispor o atleta a lesões; aqueles indisciplinados na aquisição das habilidades necessárias em seu desporto e que carecem de estrutura em sua vida pessoal e social podem ser propensos aos acidentes.

Maglischo (1999) também descreve que sintomas emocionais como depressão, ansiedade, irritação, tensão, dificuldades de concentração na prática do exercício, dificuldades de interação social e com os colegas de equipe, insônia, (...), podem ser agravantes para situações indesejadas e sinais de que algo não está funcionando coerentemente no organismo e que falhas precisam ser corrigidas.

Dentro deste ponto de vista, “o alimento que consumimos fornece o combustível que mantém funcionando o ‘motor’ do nosso corpo durante os exercícios” (Maglischo, 1999:609). O autor ainda analisa que para o treinamento adequado, há necessidade de boa nutrição por parte do atleta, fornecendo dieta que beneficie fisiologicamente o desempenho. Hillman (2002:327) descreve que:

*atletas beneficiam-se do alto consumo de carboidratos porque seu armazenamento é o glicogênio, fonte energética da qual depende o músculo. Indivíduos competitivos e fisicamente ativos necessitam de maiores níveis de carboidratos para obtenção de combustível (glicogênio) para treinos e competições. Além disso, precisam de mais proteína (cerca de 0,9 a 1,34 gramas de proteína por 0,46 kg de peso corporal por dia) do que o indivíduo sedentário.*

Maglischo (1999:609) expressa outro pensamento relevante a este trabalho: “escolhas bem pensadas dos alimentos consumidos diariamente e suplementação prudente proporcionam todo o combustível que nosso corpo precisa para o treinamento e competições”.

*Tabela 05 – Consumo Energético na Prática de Esportes.*

<i>Modalidade Esportiva</i>	<i>kJ/kg/h</i>	<i>kcal/kg/h</i>
Natação 03 km/h	44,94	10,7

*Fonte: Weineck, 1999:638.*

### 5.1.5 Desvios Posturais

Além desses, há outro aspecto importante para a prevenção de lesões no desporto, são “os desvios posturais que constituem com freqüência importante causa subjacente de lesões desportivas” (Arnheim e Prentice, 2002:196). O alinhamento postural incorreto pode representar o resultado de assimetrias unilaterais dos músculos e dos tecidos moles ou de assimetrias ósseas, como resultado, o atleta adota mecânica precária de movimento. Muitas atividades desportivas são unilaterais acarretando assimetrias no desenvolvimento corporal, no caso da natação, um fator agravante para este desequilíbrio postural é “a respiração unilateral capaz de desbalancear o sistema de energia de amplificação e conduzir ao estresse do complexo do ombro” (Ciullo, 1996:17). O desequilíbrio resultante manifesta-se por desvio postural quando o corpo procura restabelecer-se em relação ao seu centro de gravidade. Com freqüência, estes desvios constituem causa primária da lesão, para Arnheim e Prentice (2002:508):

*os alinhamentos posturais inadequados, como por exemplo: a cabeça anterógrada, os ombros arredondados e uma curva cifótica aumentada, que são responsáveis pelo fato de a glenóide escapular ficar posicionada de forma a reduzir o espaço debaixo do arco coracoacromial, também podem contribuir para impacto do ombro (impingement: compressão mecânica do tendão supra-espinhal, da bolsa subacromial e da porção longa do tendão do biceps, todos localizados debaixo do arco coracoacromial).*

“Inúmeras condições posturais representam perigos para os atletas, por torná-los extremamente propensos às determinadas lesões, (...), o treinador deve procurar minorar ou eliminar posturas defeituosas sob orientação de um profissional qualificado” (Arnheim e Prentice, 2002:196). No tópico seguinte serão abordadas as possíveis lesões na articulação glenoumeral na natação.

### 5.2 Possíveis Lesões na Articulação Glenoumeral na Natação

Para Mizumoto (s/d.):

*lesões de tecidos moles são as mais comuns causas de morbidade em atletas competitivos ou recreativos. A maioria dessas lesões é provocada por sobrecarga*

*músculo-tendínea (overuse) geralmente resultante de repetitivos microtraumas da unidade músculo-tendínea decorrente de excessivo treinamento, técnicas impróprias de treinamento, mau alinhamento biomecânico dos membros, superfícies rígidas de treinamento, alongamento inadequado e ocasionalmente doenças sistêmicas.*

Watson (1991:591) descreve que “é sabido que nadadores são propensos para todas as desordens discutidas” até este ponto do estudo, dentre elas: *subluxação anterior* da articulação glenoumeral do complexo do ombro. A seguir, entraremos em contato com estas desordens.

### **5.2.1 Subluxação Anterior da Articulação Glenoumeral**

Para Watson (1991:591), “a instabilidade na articulação glenoumeral incomoda nadadores, particularmente no nado de costas, que possuem forma de subluxação anterior devido ao repetida superadução da extensão do braço”. “No nado crawl, os músculos da parte posterior do ombro ficam fragilizados permitindo a ocorrência da subluxação. No nado de costas, são os da parte anterior os mais fragilizados, permitindo à cabeça do úmero resvalar para frente” (Grisogono, 2000:258). Rowe (1988:423) descreve que:

*a subluxação anterior é mais comum em nadadores do estilo de costas que experienciam sentimento de apreensão quando buscam a distância que pode-se alcançar atrás acima da cabeça para fazer a 'puxada' porque o braço está na posição abduzida e em rotação externa e o manguito rotador desliza para cima o braço deixando somente a cápsula para estabilizar a cabeça umeral.*

“A subluxação atraumática multidirecional é causada por estresse, movimentos funcionais excessivos do ombro na natação e há alta incidência de frouxidão generalizada involuntária crônica na cápsula articular” (Rowe, 1988:170).

#### **5.2.1.1 Mecanismos da Subluxação Anterior**

Arnheim e Prentice (2002:504) descrevem que nas subluxações glenoumerais anteriores “há translação excessiva da cabeça umeral sem perda de contato entre as superfícies articulares (cabeça do úmero e fossa glenóide escapular) e é ocorrência breve e transitória” na qual a cabeça

do úmero retorna rapidamente à sua posição normal em relação à fossa glenóide. Hamill e Knutzen (1999:167) ainda complementam que “a frequência é devido à falta de contenção óssea e à dependência nos tecidos moles para obter contenção e suporte na articulação, (...), sendo 95% a incidência da subluxação antero-inferior” em relação à posterior.

## 5.2.2 Luxação Anterior da Articulação Glenoumeral

Rowe (1988:165) reportou o ‘deslocamento atraumático’ para diferenciar do traumático comum. Blazima e Satzman (apud Rowe, 1988:165) também publicaram sua experiência com a ocorrência transitória da subluxação como sendo um distinto tipo de instabilidade em atletas.

De acordo com o referencial bibliográfico de Rowe (1988) e Watson (1991), a luxação ou o deslocamento da articulação glenoumeral pode ocorrer em situações nas quais há abdução com rotação externa, no caso dos nados costas e borboleta, e há categorias determinantes para as causas deste deslocamento: pode ser incidência funcional atraumática (caso da natação); voluntária (pessoas que controlam os movimentos dos músculos); involuntárias (frouxidão crônica ligamentar); e vigorosa força de super-extensão do braço em abdução.

### 5.2.2.1 Mecanismos da Luxação Anterior

Grisogono (2000:258) descreve que “nos nadadores, a luxação ocorre sob pressão relativamente fraca, isto pelo fato de eles terem os músculos de um lado do ombro muito desenvolvidos enquanto que os do outro lado ficam relativamente fracos”. “A luxação ocorre quando altos níveis de tensão desenvolvida por um músculo rompem a continuidade do tecido conjuntivo inserido nele” (McGinnis, 2002:346). “A causa mais usual da luxação é a força aplicada no braço em abdução e rotação externa, levando a cabeça do úmero anteriormente podendo romper a cápsula ou lábio da glenóide” (Hamill e Knutzen, 1999:167). Arnheim e Prentice (2002:504) descrevem-nos:

*nas luxações glenoumerais anteriores, a cabeça do úmero é forçada para fora da sua cápsula articular em direção anterior até ultrapassar o lábio glenóide descendo para situar-se debaixo do processo coracóide. A amplitude do processo patológico é extensa: com laceração do tecido capsular e ligamentar, possível avulsão tendinosa dos*

*músculos do manguito rotador ou da porção longa do biceps braquial e possível lesão do plexo braquial e hemorragia profusa.*

“O grau de recorrência da luxação depende da idade do indivíduo e da magnitude da força produzindo a luxação e é, em geral, 33% a 55%, aumentando para 66% a 90% se a luxação ocorre em pessoas com menos de 20 anos” (Hamill e Knutzen, 1999:167), logo, percebemos a importância da prevenção destas lesões na prática da natação.

### **5.2.3 Lesão do Manguito Rotador**

Para Watson (1991:591), “em nadadores, há alguns desentendimentos de como ocorrem incapacidades no complexo do ombro”. O autor ainda cita McLeod e Andrews que reportaram problemas no manguito rotador em série de 10 nadadores; e Ciullo que encontrou que 81,5% de garotos nadadores competitivos em Michigan tinham dor anterior no complexo do ombro, a irritação do manguito era a comum causa.

O nado livre, borboleta e costas, são atividades nas quais pode haver lesão através da síndrome do choque do manguito rotador” (Hall, 2000:100).

#### **5.2.3.1 Mecanismos da Lesão do Manguito Rotador**

De acordo com o referencial bibliográfico de Hamill e Knutzen (1999:168), o mecanismo mais comum de lesão do manguito rotador ocorre quando o tubérculo maior empurra o lado de baixo do acrômio (síndrome da compressão) durante a fase de aceleração do padrão de mão acima da cabeça quando o braço é rodado internamente estando ainda na posição abduzida. Essa condição ocorre na amplitude de 70° a 120° de flexão ou abdução, como na braçada do nado borboleta e crawl.

“As lacerações dos músculos do manguito acontecem quase sempre perto de sua inserção na tuberosidade maior, (...), envolvendo quase sempre o músculo supra-espinhal” (Arnheim e Prentice, 2002:508). Os autores ainda descrevem que podem ser lacerações de espessura tanto parcial quanto completa, sendo as parciais ocorrendo com uma frequência duas vezes maior; muitas lacerações de espessura plena aparecem em indivíduos com longa história de lesão do complexo do ombro e são relativamente incomuns antes dos 40 anos de idade.

É de suma importância a prevenção de lesões nos músculos do manguito rotador, pois eles são os principais estabilizadores “ativos no controle da cabeça umeral e durante os movimentos com padrão de braço elevados” (Hamill e Knutzen, 1999:168) posições suscetíveis às lesões; além disso, 80% dos nadadores profissionais, de acordo com Santos (2001:59), apresentam a síndrome do impacto (*impingement*) e instabilidade glenoumeral, que é a causa primária da síndrome.

#### 5.2.4 Outras Lesões

Há outras lesões envolvendo o complexo do ombro de indivíduos praticantes da natação competitiva e recreativa que só serão citadas devido à existência, pois elas podem representar sintomas que de há falhas no organismo e no ombro enquanto complexo, mas a análise detalhada de todas as possíveis lesões ocorrentes no ombro destes desportistas ficaria inviável e irrelevante ao objeto de estudo aqui determinado. Analisando referenciais bibliográficos de diversos autores como Maglischo (1999), Pereira (1999), Hamill e Knutzen (1999), Santos (2001), Arnheim e Prentice (2002) e outros, conclui-se que outras causas de dor e disfunção músculo-esquelética no complexo do ombro destes nadadores referidos são: *tendinite dos músculos supra-espinhal e a cabeça longa do biceps braquial; bursite subacromial; e impacto do ombro (impingement)*.

#### 5.3 Papéis Essenciais ao Profissional de Educação Física

Arnheim e Prentice (2002:218) analisam que o profissional de Educação Física e o treinador:

*com frequência, são as primeiras pessoas a observar que o atleta está excessivamente estressado. O atleta cujo desempenho está declinando e cuja personalidade está modificando-se pode necessitar de programa de treinamento que seja menos exigente. Conversar com o atleta poderia revelar problemas emocionais e físicos que devem ser tratados por conselheiro, psicólogo ou médico.*

Os autores ainda analisam que a prevenção de lesões é tanto “psicológica quanto fisiológica. O atleta com raiva, frustração ou desencorajado, ou sob efeito de outro estado

emocional perturbador, é mais propenso a sofrer lesões” que o indivíduo emocionalmente bem-ajustado (Arnheim e Prentice, 2002:218), pois a emoção sacrifica a habilidade e a coordenação resultando em lesão que poderia ter sido evitada.

O referencial bibliográfico destes autores ainda revela-nos que tipicamente, os treinadores atléticos não são educados como conselheiros ou psicólogos profissionais, porém, não obstante, devem estar preocupados com os sentimentos dos atletas com os quais trabalham. Ninguém pode trabalhar com seres humanos sem envolver-se com suas emoções e, às vezes, com seus problemas pessoais.

Em geral, o treinador atlético é uma pessoa diligente – “cuidado ativo” (Ferreira, 1986:590), e, como tal, é colocado em numerosas situações diárias nas quais as relações interpessoais íntimas são importantes. O treinador atlético deve possuir habilidades apropriadas de aconselhamento para poder enfrentar os temores, as frustrações e as crises diárias de um atleta e encaminhar os indivíduos com problemas emocionais sérios aos profissionais adequados. Para ajudar a reduzir a tensão muscular do atleta causada pelo estresse o treinador atlético proporciona educação nas técnicas de relaxamento.

Crespo e Miley (1999:02) descrevem que:

*os treinadores devem conhecer a si mesmos, aos atletas e ao esporte. Conhecer a si mesmo requer a capacidade de examinar-se objetivamente através de algumas perguntas, por exemplo: por que sou treinador? sou movido pelos motivos corretos? qual é o meu grau de dedicação e entrega? E outras, além de incrementar o conhecimento de si próprio solicitando comentários e observações de outras pessoas e 'escutando a si mesmo' para entender seus sentimentos e reações às diversas situações; para conhecer os atletas, o treinador deve determinar seu grau de dedicação, seus objetivos e expectativas, seus antecedentes, suas habilidades técnicas, táticas, físicas e mentais, além de esforçar-se para conhecer seus atletas como seres humanos, entender sua forma de pensar, suas emoções e considerar fatores externos (família, amigos, situações do lar, etc) que os afetam; além de conhecer a modalidade na qual está inserido.*

Outro aspecto da atuação do profissional de Educação Física enquanto treinador é o de educador, pois “o sucesso contínuo da profissão reside na capacidade de educar seus estudantes. A educação não deve ser simplesmente uma responsabilidade, mas deve constituir uma

prioridade” (Arnheim e Prentice, 2002:11). Montagner, Scaglia e José de Souza (2001:20-31) dão-nos noção do papel do treinador enquanto educador:

*assim, entendemos a pedagogia como um processo de reflexão que nos leva ao saber. E se estamos falando de algo que possui significado aos profissionais da Educação Física, que é o esporte, estamos falando do que, como e para quem ensinar esportes, entendendo esporte como um fenômeno histórico, de signos populares, símbolos, fantasias e sonhos.*

Freire (1998:08-10), argumenta que “é papel do pedagogo em esportes possuir princípios básicos que devem nortear seu trabalho: ensinar esportes, ensinar esportes bem a todos, ensinar mais que esportes a todos e ensinar a gostar de esportes”.

De acordo com o referencial bibliográfico de Paes (1992 e 1996), atualmente o papel da pedagogia do esporte é observar e focar sua atenção para as maiorias e não apenas em uma minoria possuidora de talentos para as práticas competitivas, não obstante reconheça o valor de todos os elementos inseridos no ambiente esportivo.

Para o referido autor, o esporte moderno, com suas diversidades, crescimento e articulações, trouxe aspectos otimistas para serem explorados por pedagogos do esporte e que seja factível uma análise crítica sobre a relação entre esporte produto de consumo e a pedagogia do esporte, ainda assim existem aspectos ainda pouco percebidos e que certamente podem ser benéficos para as crianças praticantes do esporte. O autor ainda defende a diversificação esportiva como um dos aspectos principais no desenvolvimento de uma ‘cultura esportiva’ e a importância de ações que envolvam uma pedagogia da inclusão.

De acordo com o referencial bibliográfico de Montagner (1993), o técnico de esportes em modalidades individuais e coletivas competitivas, deveria ser incluído na categoria de pedagogo, uma vez que, partindo dos conceitos de educação permanente, o técnico formador de atletas jovens e adolescentes deve posicionar-se, antes de qualquer postura mais técnica, como um educador, consciente do seu papel social.

Montagner (1999:128) ainda descreve-nos:

*reconhecemos que os esportes ‘alcançam’ e ‘atingem’ as crianças através de muitas fontes, pelas brincadeiras de rua, pela televisão, dos profissionais do esporte, pelos irmãos, pais e amigos. Nesta prática, temos a atuação em diferentes ambientes como a*

*rua, os clubes, as escolas, aliados aos processos naturais, a imitação de grandes atletas, e a participação em equipes o que sugere o acompanhamento de um grupo de pesquisadores que investigue os casos descritos.*

Freire (1987) em seu referencial bibliográfico, afirma que papel da pedagogia, e aqui encaixa-se a pedagogia do esporte, é algo muito mais do que entulhar o aluno apenas de conhecimentos técnicos, sem uma correspondente reflexão, focados no desempenho de destrezas, sem permitir a ele o desenvolvimento de uma capacidade crítica sobre o conteúdo ensinado.

Portanto, a aplicação da pedagogia do esporte vai além do aprendizado de técnicas ou do jogo em si e de seus fundamentos. Castellani Filho (1998:39-70) descreve-nos que há implicação na aquisição de hábitos e condutas motoras (ampliando-se o repertório motor), no entendimento do esporte como fator cultural (por consequência, humano), no estímulo e desenvolvimento de sentimentos de solidariedade, cooperação, autonomia e criatividade, assim como no resgate e difusão de valores éticos, sociais e morais.

Percebemos quão importante é o papel do treinador/ educador em conjunto com as estruturas desportivas organizadas e recreativas. Cabe aqui fazer uma última reflexão pertinente ao assunto enfocado e Campbell (1971:223), ajuda-nos a desenvolver pensamento referente à abordagem intuitiva de alguns treinadores de natação que não utilizam base científica no trabalho cotidiano:

*o treinador intuitivo nunca será encontrado no mundo dos valores aceitos para a realidade; mas tem faro aguçado para as coisas novas e em processo de desenvolvimento, (...), ele olha para novos objetos ou situações com grande intensidade, às vezes com enorme entusiasmo, apenas para abandoná-los friamente, sem qualquer remorso ou aparentemente sem lembrar-se deles, assim que a sua amplitude é conhecida e nenhum desenvolvimento adicional pode ser descoberto.*

Concluído esta parte do estudo, entendido as estruturas componentes bem como o funcionamento das mesmas, cientes das características envolvendo as possíveis lesões no complexo do ombro de nadadores, faz-se necessário cumprir o objetivo do estudo, apoiado em bases teóricas, propor meios preventivos para lesões no manguito rotador como subluxação anterior da articulação glenoumeral do complexo do ombro em atletas e praticantes da modalidade.

## **6 PROPOSTA PREVENTIVA PARA LESÕES NO MANGUITO ROTADOR DE NADADORES**

Nesta parte do estudo, entraremos em contato direto com meios de prevenção das lesões que acometem o manguito rotador do complexo do ombro de nadadores competitivos e recreativos. Para tal, será preciso recorrer a autores e bibliografia adequados ao objeto de estudo.

Como percebemos até aqui, o organismo humano é um conjunto de sistemas integrados atuando para fins comuns. No desporto, para a obtenção destes fins, quer seja a braçada eficiente do nado borboleta para satisfação pessoal ou a obtenção de resultado desportivo significativo, há carência de condições fisiológicas, psicológicas, (...), adequadas para a concretização desses fins.

“Muitas lesões ocorrem no início da temporada competitiva e são resultantes do longo período fora desta temporada no qual o atleta não dedicou-se o suficiente para manter o corpo em boas condições cardiovasculares e os músculos sadios” (Hillman, 2002:143).

Como descrito no início deste estudo, os meios de prevenção a ser propostos serão baseados teoricamente, dentre eles: trabalhos de flexibilidade e alongamento, propriocepção e fortalecimento, visando a manutenção para o bom funcionamento das estruturas do complexo do ombro de nadadores.

### **6.1 A Flexibilidade e o Alongamento**

Dantas (1999:57) define a flexibilidade como sendo a “qualidade física responsável pela execução voluntária de um movimento de amplitude angular máxima, por uma ou conjunto de articulações, dentro dos limites morfológicos, sem o risco de provocar lesões”. “A flexibilidade é

a habilidade de um músculo para relaxar e ceder a uma força de alongamento” (Kisner e Colby, 1990, apud Alter, 1999:18). Para Ramos (2002:22):

*a flexibilidade é específica de uma determinada articulação e a amplitude de movimento é específica de cada articulação do corpo e o alongamento deve ser construído tendo em vista as necessidades de cada atleta e o esporte que ele pratica.*

Carneiro e Lima (1999:194) classificam a flexibilidade como: “geral, definida pelo nível médio de flexibilidade dos sistemas musculares principais; ou específicas, como o grau de flexibilidade necessário e ideal para a prática de uma determinada modalidade”.

Para Hamill e Knutzen (1999:169), “é importante manter a força e flexibilidade da musculatura que cerca o complexo do ombro já que este depende consideravelmente do suporte da musculatura e tecidos moles para sua estabilização”. Ramos (2002:17) descreve-nos que “exercícios de alongamento resultam sempre na promoção de restabelecimento postural, melhorias em nível muscular na busca de desempenho atlético, prevenção de lesões músculo-tendíneas, melhorias na coordenação evitando esforços adicionais no desporto” e outros. Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:288-9) descrevem que:

*um nível irrisório de flexibilidade é um fator freqüentemente associado à lesões musculares. Por isso, muitos cientistas e doutores em medicina esportiva têm afirmado que o exercício de alongamento diminui a incidência e a severidade das lesões articulares e músculo-tendíneas. Assim, a flexibilidade é vista como meio eficiente para evitar lesões. Há dois mecanismos que reforçam a forte relação entre a flexibilidade e a predisposição às lesões: um fundamenta-se no efeito da flexibilidade na amplitude de movimento de certa articulação; o outro, no relacionamento entre a flexibilidade e a elasticidade da unidade músculo-tendínea. Além disso, há melhoria de desempenho, alívio da dor muscular, relaxamento muscular e prevenção de lesões.*

Na prevenção de lesões, Chandler et al. (apud Carneiro e Lima, 1999:194) explicam que a demanda física da performance esportiva causa certas adaptações músculo-esqueléticas, sendo algumas benéficas, como o aumento da força muscular, e outras maléficas como a repetida demanda na unidade músculo-tendínea causando encurtamento e diminuição da amplitude normal de movimento, aumentando as chances de lesão. Kidler (apud Carneiro e Lima,

1999:196) propôs um ciclo de *feedback* negativo demonstrando que lesões podem provocar adaptações fisiológicas e anatômicas nos músculos envolvidos em atividades físicas desencadeando alterações biomecânicas e levando ao déficit biomecânico funcional que pode alterar a cadeia cinética do corpo e ocasionar mudanças na performance do indivíduo; tem-se como resultado o microtrauma que pode levar à nova lesão, reiniciando todo o processo.

Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:289-90) analisam que:

*indivíduos hiperflexíveis com cápsula articular fatigada, ligamentos frouxos e com anormalidades nas proeminências articulares ósseas são considerados indivíduos com articulação dupla, em alguns esportes, como a natação, isso pode ser uma vantagem desde que a flexibilidade não seja extrema, (...); em esportes com técnica altamente especializada, como a natação, certo nível de hiperflexibilidade é bom no estilo livre ou nado borboleta, mas deletério no nado costas, porque se o nadador tiver as articulações do ombro hiperflexíveis, o braço pode entrar na água atrás da cabeça e isto pode colocá-los em posição inadequada para o movimento, passando a ser problema com relação à lesões.*

De acordo com estes mesmos autores, os fatores que afetam a flexibilidade são: a *idade*, o *sexo*, as *condições ambientais*, *psicológicas*, as *limitações anatômicas* (tecido ligamentar, fásia, músculo, tendões, rigidez nos tecidos macios, tecido ósseo) e *limitações fisiológicas* (fusos musculares, órgãos tendinosos de Golgi, reflexo de alongamento – reflexo miotático e reflexo de alongamento inverso – reflexo de miotático inverso). Wilson et al (apud Elliott e Mester, 2000:301) realizaram pesquisas nas quais:

*indivíduos com baixos níveis de flexibilidade tinham a tendência para apresentar rigidez nas unidades músculo-tendíneas. Quando uma força externa foi imposta sobre estas unidades, elas foram menos capazes de atenuar a força imposta e conseqüentemente a incidência de lesão foi maior em comparado com indivíduos mais flexíveis que apresentavam unidades músculo-tendíneas mais elásticas. A unidade músculo-tendínea representou a união entre o sistema esquelético e a estrutura muscular; quando a força externa é imposta sobre a musculatura, um sistema complacente deverá estender-se, permitindo à força aplicada ser absorvida com maior distância e maior tempo, quando comparado a um sistema rígido; o efeito de amortecimento do sistema complacente reduz o trauma da fibra muscular, diminuindo a incidência de lesão.*

Arnheim e Prentice (2002:63) descrevem que a “amplitude plena e irrestrita de movimento vem sendo reconhecida há anos como sendo importante para a prevenção de lesões e como parte do programa de condicionamento”.

Os autores ainda analisam que para aprimorar a flexibilidade foram desenvolvidas técnicas durante os anos, a mais antiga é o *alongamento balístico*, que utiliza movimentos os movimentos repetitivos de pulo; uma segunda conhecida como *alongamento estático*, que alonga o músculo até o ponto de produzir desconforto e mantendo-o neste ponto por um período de tempo prolongado; e uma terceira envolvendo um grupo de técnicas de alongamento conhecidas coletivamente como *facilitação neuromuscular proprioceptiva* ou FNP que utiliza contrações e alongamentos alternativos.

A seguir, entraremos em contato com estes tipos de técnicas como parte introdutória para a proposta de trabalho de flexibilidade para o manguito rotador de nadadores.

### 6.1.1 O Alongamento Balístico

O alongamento balístico envolve movimento de “ressalto no qual contrações repetitivas do músculo agonista são utilizadas para produzir alongamentos rápidos do músculo antagonista” (Arnheim e Prentice, 2002:66).

Estes autores ainda analisam que esta técnica, apesar de aparentemente ser efetiva no sentido de aprimorar a amplitude de movimento, foi criticada porque este aumento na amplitude é conseguido através de uma série de espasmos ou trações sobre o tecido muscular resistente. “Se as forças geradas pelos espasmos forem maiores que a extensibilidade dos tecidos, pode resultar em lesão, (...), esta técnica de natureza controlada não produz dor muscular” (Arnheim e Prentice, 2002:66).

Para Maglischo (1999:596) “o alongamento balístico envolve a movimentação das articulações com rapidez e vigor de uma extremidade a outra de sua faixa de movimentos”. De acordo com Alter (1999:174), há várias razões para a técnica de alongamento balístico não ser o melhor método de flexibilidade, dentre elas:

*tecido conjuntivo alongado rapidamente sem tempo para adaptação pode resultar em lesão; se o alongamento rápido é aplicado em um músculo, uma ação reflexa ocorre provocando a contração muscular e causando aumento da tensão muscular, tornando*

*difícil o alongamento do tecido conjuntivo, além disso, o músculo sendo alongado e contraído ao mesmo tempo, a possibilidade de lesão é relativamente alta; por fim, o alongamento rápido não permite tempo para adaptação neurológica se comparado com alongamento realizado lentamente, logo, por si só, o alongamento balístico pode ser fator limitante para o desenvolvimento da flexibilidade.*

Alguns autores descrevem que alguns treinadores utilizam esta técnica porque algumas modalidades esportivas são de natureza balística, se realizado com cuidado, sem exceder a amplitude normal do movimento, pode desenvolver a flexibilidade. Quando o esporte tem um “forte componente de agilidade e o desenvolvimento da energia elástica é necessária, não há razão para que certo número de exercícios não possa ser de natureza balística” (Bloomfield e Wilson apud Elliott e Mester, 2000:308). Os autores concluem que é necessário e de grande importância que a musculatura esteja totalmente aquecida antes de realizar o alongamento balístico.

### **6.1.2 O Alongamento Estático**

“Esta técnica envolve o alongamento passivo de um determinado músculo antagonista que é colocado em posição máxima de alongamento e mantido nesta posição por um período de tempo” (Amheim e Prentice, 2002:66). Os autores ainda analisam que o tempo ideal para esta técnica de alongamento é de 30 segundos sendo que o alongamento estático de cada músculo deve ser repetido 03 ou 04 vezes. Maglischo (1999:596) descreve esta técnica como sendo um “alongamento com parada, no qual é o oposto do alongamento balístico e as articulações movimentam-se suaves e lentamente até o limite de sua faixa de movimentos, sendo mantidas nesse limite por 05 a 60 segundos”. Para McNair e Stanley (1996:313-7):

*a tensão isométrica provocada pela insistência estática a que submete-se o músculo atua sobre o órgão tendinoso de golgi provocando relaxamento da musculatura agonista, acarretando que o fator limitante do movimento seja a articulação por suportar a força realizada ela tende a adaptar-se, aumentando a extensibilidade dos seus tecidos moles e diminuindo sua estabilidade.*

Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:309) analisam que:

*treinadores e cientistas sustentam esta técnica porque o alongamento estático propicia muitos resultados bons e sua aplicação resulta em menos lesão e dor muscular além de permitir relaxamento muscular através do estímulo dos órgãos tendinosos de golgi.*

Estes autores ainda analisam que se comparado com o alongamento balístico, o alongamento estático oferece três vantagens: menor risco de exceder o limite de extensibilidade dos tecidos envolvidos devido ao controle de movimento; a energia requerida é menor; e alivia a dor muscular. “Não é uma técnica favorável à especificidade do treinamento se realizada sozinha; pode haver redução na amplitude do reflexo de estiramento, sistema protetor de músculos e articulações; e aumenta as chances de lesões musculares” (Alter, 1999:175-6).

Apesar de muitas pesquisas, questionamentos e contradições entre as pesquisas, “o alongamento estático é incontestavelmente a técnica mais segura especialmente para indivíduos sedentários ou destreinados” (Arnheim e Prentice, 2002:67). Os autores aconselham o início da atividade dinâmicas com o alongamento estático seguido do balístico com adequado aquecimento.

### **6.1.3 Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP)**

Esta técnica de alongamento “envolve combinações de contrações e alongamentos alternados” (Arnheim e Prentice, 2002:67). Para Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:310), a FNP “aponta que o aumento na amplitude do movimento pode ser desenvolvido por meio do princípio de indução sucessiva, da inibição autógena e da mobilização ativa do tecido conjuntivo”.

No esporte, este método de alongamento é conhecido como ‘3S’ (*Scientific Stretching for Sport*), alcança bons resultados e atua da seguinte maneira, de acordo com Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:310):

*para cada exercício, o músculo é colocado inicialmente em posição estendida; realiza-se contração isométrica contra resistência de um auxiliar durante 06 segundos. Isto é acompanhado por um período muito breve de relaxamento no qual o atleta contrai o grupo muscular e o coloca em nova e maior extensão. Este movimento é ajudado pelo companheiro com leve pressão permitindo que nova extensão de movimento possa ser alcançada, superior ao alongamento estático. Este exercício é repetido 03 ou 04 vezes.*

McAtee (1998:07) descreve-nos que “existem três padrões empregados dentro do método de FNP: *contenção-relaxamento*, *contração-relaxamento* e *contração-relaxamento-antagonista-contração* ou CRAC”.

O primeiro padrão, *contenção-relaxamento*, é utilizado quando a amplitude articular encontra-se extremamente limitada; no segundo, *contração-relaxamento*, há resistência de um companheiro enquanto a pessoa tenta, isometricamente, mover o membro pela amplitude abreviada do músculo alvo, há o relaxamento e em seguida o membro é passivamente mobilizado pelo companheiro até a nova amplitude, “este é o padrão mais utilizado pelos atletas, pois há ação inibitória do órgão tendinoso de golgi sobre o músculo antagonista” (Carneiro e Lima, 1999:199); no terceiro, *contração-relaxamento-antagonista-contração*, após a contração isométrica a pessoa movimenta o membro até a nova amplitude de movimento. “Acredita-se que esta contração ativa do antagonista promova a inibição recíproca do músculo-alvo, o que permitirá alongamento mais profundo” (McAtee, 1998:07).

“Os adeptos deste método de alongamento sustentam que esta técnica aumenta a flexibilidade em menor tempo do que as várias outras técnicas” (Bloomfield e Wilson apud Elliott e Mester, 2000:311).

Segundo estes autores, ainda há “aumento de flexibilidade em maior proporção se comparado ao método de alongamento balístico; aumenta simultânea e ligeiramente a força; além de sofrer críticas nas quais sugerem o aumento da probabilidade de lesões caso erros na aplicação pelo companheiro” (Bloomfield e Wilson apud Elliott e Mester, 2000:311). Maglisco (1999:596-7) afirma que “o alongamento de contração-relaxamento, gerado pela técnica FNP, é realizado de forma mais adequada sem um parceiro, para que seja reduzida a possibilidade de lesão”.

O método de alongamento através da facilitação neuromuscular proprioceptiva ou FNP “é o de maior eficácia” (Alter, 1988; Godges, 1989; Londgon, Tiberg e Macrae, 1989; Massara e Scoppa, 1995; Suburg e Schrader, 1997; apud Dantas, 2002); “a FNP foi a técnica que se mostrou mais eficaz através dos estudos realizados” (Ramos, 2002:29).

Maglisco (1999:596) descreve dois outros tipos de exercícios de alongamento comumente usados, dentre eles: *alongamento assistido por parceiro*, no qual outra pessoa proporciona a força de alongamento permitindo maior grau de alongamento que poderia ser alcançado individualmente; e o *lento-dinâmico*, que possui velocidade reduzida do alongamento

balístico, com mobilização das articulações lenta ao longo da faixa de movimentos e podendo também ser combinado com parada, mantendo durante 05 segundos ou mais a articulação parada no limite de extensão da articulação.

#### 6.1.4 A Flexibilidade na Natação

“Nadadores necessitam de flexibilidade extrema no ombro para o estilo livre e costas, pois possibilita alinhamento do corpo durante o nado eliminando a resistência frontal” (Bloomfield e Wilson, 2000:320). Os autores prosseguem analisando que:

*o nado borboleta solicita maior flexibilidade no ombro que os nados livre e costas, sendo que os nadadores precisam ser quase hiperflexíveis. Esta condição possibilita aos nadadores a manutenção de melhor posição de nado sobre a água evitando resistência frontal pelos movimentos exacerbados de elevação e de abaixamento do corpo na água, (...); nadadores de costas podem ser muito flexíveis no ombro e no cotovelo e que isso pode aumentar a resistência frontal, nesta situação não deve-se modificar só a técnica, mas também reduzir a flexibilidade usando exercícios de treinamento de força.*

“Na natação, a flexibilidade dos membros superiores e cintura escapular é imprescindível” (Dantas, 1999:154). O alongamento visa a “manutenção dos níveis de flexibilidade obtidos e a realização dos movimentos de amplitude normal com o mínimo de restrição física possível, (...), e deve ser feito, durante o aquecimento antes das competições” (Dantas, 1999:97-102).

#### 6.1.5 Proposta de Exercícios de Alongamento

Bloomfield e Wilson (apud Elliott e Mester, 2000:321) descrevem-nos a respeito da importância do alongamento para nadadores. A seguir, encontraremos os exercícios de alongamentos para grupos musculares do manguito que, para Bates e Hanson (1998), estão divididos em: *rotadores internos e externos* (músculos: subescapular, redondo maior e infra-espinal, redondo menor respectivamente).

Quanto da aplicação dos exercícios de alongamento, temos bases em Ramos (2002:29):

*os trabalhos que visam aumentar a flexibilidade através do alongamento devem estar direcionados, principalmente às mudanças plásticas sobre a fáscia muscular e aos componentes elásticos, induzindo à modificações mais permanentes no comprimento dos tecidos. Os alongamentos menos intensos, mas de longa duração são mais recomendados, no mínimo uma vez ao dia, com três a quatro repetições cada, nos quais encontram-se os maiores valores de tensão. O tempo em posição de alongamento não tem apresentado uniformidade, preconiza-se 20 a 30 segundos se realizado de 03 a 05 vezes por semana e se realizado 02 vezes por semana deve-se começar com 30 segundos e aumentar para 60 segundos, outros autores sugerem de 10 a 15 segundos pelo menos 02 vezes no mesmo grupo muscular.*

### 6.1.5.1 Rotadores Internos e Externos

O exercício número 01 envolve rotadores internos, músculos supra-espinhal e redondo maior: sente-se com sua lateral próxima a uma mesa; descanse seu antebraço ao longo da margem da mesa com seu cotovelo flexionado; expire, curve-se à frente da cintura e abaixe sua cabeça e ombro ao nível da mesa; segure o alongamento e relaxe.



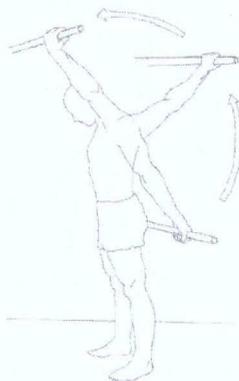
*Figura 79 – Alongamento para Rotadores Internos.  
Fonte: Alter, 1999:314.*

O exercício número 02 envolve rotadores externos, músculos infra-espinhal e redondo menor: inicie com os braços estendidos na lateral do corpo; coloque cada mão no ombro oposto; flexione o queixo em direção ao peito até que um ligeiro alongamento seja sentido nas porções superior e média do pescoço; eleve ligeiramente os braços e puxe-os para frente; segure e relaxe.



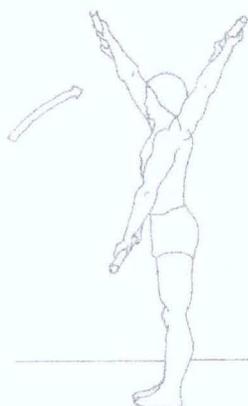
*Figura 80 – Alongamento para Rotadores Externos.  
Fonte: Adaptado de Bates e Hanson, 1998:94.*

O exercício número 03 envolve rotadores internos e externos: inicie na posição ereta com os pés na largura dos ombros; agarre um mastro com as mãos atrás dos quadris e polegares para fora; inspire e lentamente levante os braços retos e simetricamente acima da cabeça; inspire e reverta a direção alongamento sentindo-o na região posterior do ombro.



*Figura 81 – Alongamento para Rotadores Internos e Externos.  
Fonte: Alter, 1999:314.*

O exercício número 04 envolve rotadores internos e externos: inicie na posição ereta com os pés na largura dos ombros; agarre um mastro com as mãos à frente dos quadris e polegares para dentro; inspire e lentamente levante os braços retos e simetricamente acima da cabeça; expire e reverta a direção alongamento sentindo-o na região anterior do ombro.



*Figura 82 – Alongamento para Rotadores Internos e Externos II.  
Fonte: Alter, 1999:315.*

O exercício número 05 refere-se à utilização da técnica FNP pelo padrão contração-relaxamento-antagonista-contração ou CRAC que só deverá ser utilizado por atletas na presença de um fisioterapeuta, médico desportivo, profissional de educação física, ou qualquer outro profissional da área desportiva qualificado.

Seguindo as prescrições de McAtee (1998, p. 56), o atleta deita-se em decúbito dorsal com o ombro na borda da mesa; seu cotovelo deve estar flexionado até 90° e o braço na máxima rotação externa possível alongando o subescapular até o limite indolor de sua amplitude de movimento.

O profissional qualificado deve oferecer resistência à contração isométrica do subescapular mediante a estabilização do cotovelo e punho; o atleta deve realizar rotação interna do úmero, contraindo isometricamente o subescapular por 06 segundos, e, logo em seguida e lentamente, há o início de 50% a 100% da contração máxima, respirando por toda a etapa; a seguir, o atleta relaxa, respirando fundo e contraindo o infra-espinal, aprofundando o alongamento do subescapular. Deve ser repetido de 03 a 05 vezes.



*Figura 83 – Alongamento para o Subescapular.  
Fonte: McAtee, 1998: 56.*

No exercício número 06 tem-se o mesmo padrão de alongamento dentro da técnica FNP. Na mesma posição anterior, exceto que o úmero deve encontrar-se em rotação interna alongando o infra-espinal até o seu limite indolor da amplitude de movimento.

O profissional qualificado deve oferecer resistência à contração isométrica do infra-espinal, mediante a estabilização do cotovelo e punho; o atleta realiza a rotação externa do úmero, contraindo isometricamente o infra-espinal por 06 segundos atingindo 50% a 100% da contração máxima e respirando por toda a etapa; por fim ele relaxa respirando fundo e contrai o subescapular aprofundando o alongamento do infra-espinal. Deve ser repetido de 03 a 05 vezes.



*Figura 84 – Alongamento para o Infra-espinhal.  
Fonte: McAtee, 1998:57.*

Ramos (2002:78) compartilha conosco um pensamento relevante a respeito da eficiência e pertinência da utilização da técnica do alongamento para a melhoria das condições físicas das pessoas:

*é significativa a sua indicação quando da participação do profissional de Educação Física na dinamização e orientação na intervenção junto a seus beneficiários, proporcionando além do relaxamento do estresse mental, melhor regulação das condições do corpo, como: auxílio na liberação dos movimentos bloqueados por tensões emocionais, ativação da circulação, redução das tensões musculares e sensação de um corpo mais relaxado, aumento no âmbito de movimentação, os alongamentos sinalizam para os músculos que estão prestes a ser utilizados, dentre outros benefícios.*

“Dependendo do método e técnica de alongamento empregado, os indivíduos podem aumentar sua agilidade, coordenação, flexibilidade e força muscular” (Alter, 1999:22).

A seguir, entraremos em contato direto com os aspectos da propriocepção e os respectivos exercícios propostos pelo autor deste estudo, bem como a abordagem da importância da propriocepção fora e dentro da água.

## **6.2 A Propriocepção**

Nesta seção, serão abordados alguns aspectos referentes à propriocepção, dentre eles: aqueles relacionados à definição e funcionamento desse mecanismo, à lesão, bem como aqueles referentes à proposta de exercícios de propriocepção para atletas e praticantes da modalidade.

O'Sullivan e Schmitz (1993:105) acreditam ser a propriocepção uma "(...) sensação e percepção da posição e movimentos do corpo"; Smith, Weiss e Lehmkuhl (1997:132) referem-se à propriocepção como "o uso de *input* sensitivo a partir de receptores nos fusos musculares, tendões e articulações para discriminar a posição e o movimento articular, incluindo direção, amplitude, velocidade e tensão relativa dentro dos tendões"; Gould III (1993:50) descreve-nos que a propriocepção é um termo utilizado "(...) para descrever todos os *inputs* neurais originados das articulações, músculos, tendões e tecidos profundos".

Para este autor, o sistema nervoso central (SNC) apenas recebe informações desses tecidos e através de reflexos não perceptíveis, mecanismos de controle motor e algumas atividades sensoriais, a informação aferente da articulação, músculo, tendão ou tecido profundo é projetada para os centros de processamento centrais no cérebro.

Estas informações podem influenciar o tônus muscular, programas de execução motora e percepção somática cognitiva. "O grau do tônus muscular depende do *feedback* da periferia. Os impulsos proprioceptivos partem do solo, atingindo o sistema nervoso central e informando o corpo sobre sua relação com o centro de gravidade" (Cailliet, 2000:128).

Na natação, Colwin (2000:89) analisa que a propriocepção refere-se à "habilidade intuitiva do nadador de sentir e controlar a água com eficiência, (...), ter percepção do fluxo, pois a água flui quando a força age sobre ela; a mão do nadador sempre propulsiona contra a pressão da água em movimento".

Com relação a lesões, "a propriocepção é uma das mais importantes fases do tratamento fisioterapêutico, (...), mas é importante na prevenção de lesões" (Rosa Filho, 2001:01).

Este autor prossegue a argumentação afirmando que:

*muitas vezes uma pessoa encontra-se em uma situação de total desequilíbrio e não lesiona-se. Isso ocorre graças ao engrama sensorial que é formado de diferentes formas e individualmente, de acordo com as experiências já vivenciadas. Quanto mais e diferentes estímulos uma pessoa teve em sua vida, provavelmente terá menos lesões por falta de estabilidade, uma vez que o organismo reconhecerá aquele estímulo e desta forma rapidamente será capaz de adaptar-se, gerando equilíbrio. Quando uma articulação é lesada, toda aquela memória antes formada é perdida, sendo necessário que haja formação de nova memória para evitar lesões repetitivas naquela articulação. Deve-se prevenir a formação de um engrama sensorial patológico, normalmente adquirido pela posição antálgica. Os grandes responsáveis por todo esse processo de*

*percepção de movimento, posição articular, (...), são os receptores: pequenos órgãos especializados em internalizar informações obtidas do meio externo ou mesmo de enviar informações ao SNC sobre as relações do corpo com ele mesmo ou com o meio externo.*

### 6.2.1 Os Proprioceptores

“Os proprioceptores são os receptores sensoriais responsáveis pelas sensações profundas. Esses receptores recebem estímulos de músculos, tendões, ligamentos, articulações e fáscias, sendo responsáveis pelos sentidos de posição e movimento-cinestesia” (O’Sullivan e Schmitz, 1993:92).

Para Cailliet (2000:128) “os estímulos que os proprioceptores recebem originam-se de contatos com o solo, contatos sensoriais através da pele, ossos, ligamentos e cápsulas articulares”. O fuso neuromuscular, os órgãos tendinosos de golgi, a terminações livres, corpúsculos de Paccini e receptores articulares fazem parte da categoria de receptores sensoriais profundos e estão envolvidos primariamente com a *postura, sentido de posição, a própria propriocepção, tônus muscular, velocidade e direção do movimento.*

De acordo com o referencial bibliográfico de Machado (2003), a sensibilidade proprioceptiva ou profunda só é possível graças a duas vias aferentes que levam aos centros nervosos supra-segmentares os impulsos nervosos originados nos receptores periféricos: as vias de propriocepção *consciente e inconsciente.*

#### 6.2.1.1 Via de Propriocepção Consciente

O autor ainda analisa que através da via de propriocepção consciente chegam informações ao córtex cerebral permitindo que saibamos como está o segmento no espaço. A condução dos estímulos do tronco superior e membros superiores dá-se através do fascículo cuneiforme.

Em seguida, os impulsos nervosos são enviados ao córtex cerebral e chegam até a área somestésica que é o centro receptor da sensação proprioceptiva (sensação bulbo-pata).

A via de propriocepção consciente ocorre de acordo com seguinte esquema: *mecanoreceptor > estímulo > medula > fascículo cuneiforme > fascículo grácil > córtex cerebral > área somestésica.*

### 6.2.1.2 Via de Propriocepção Inconsciente

Esta via é proveniente do arco reflexo, imperceptível e tem seus trajetos corticais específicos, é realizada pelo fuso muscular. Por esta via, os estímulos seguem o mesmo trajeto descrito na via de propriocepção consciente até chegarem aos fascículos cuneiforme e grácil, passando do funículo posterior para o funículo lateral, dirigindo-se então para o córtex cerebral regulando a ação reflexa muscular para a manutenção do equilíbrio e postura (sensação mielo-pata). Logo, a via de propriocepção inconsciente ocorre da seguinte forma: *mecanoreceptor > estímulo > medula > fascículo cuneiforme > fascículo grácil > córtex cerebral*.

A seguir, a proposta de exercícios de propriocepção a serem realizados fora da piscina com objetivo de proporcionar “independência funcional, tônus muscular e controle motor auxiliando na melhoria nas atividades” (Gould III, 1993: 53) da pessoa praticante da modalidade.

### 6.2.2 Proposta de Exercícios de Propriocepção Fora da Água

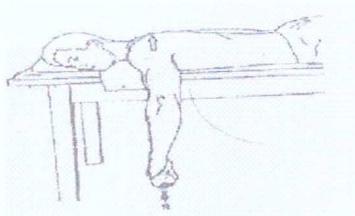
Para Rosa Filho (2001:03), os exercícios proprioceptivos “são exercícios específicos que visam estabelecer o equilíbrio dinâmico das articulações. São executados mediante tomada de peso sobre a articulação e situações criadas promovendo equilíbrio”, podem ser utilizados aparelhos como *skate*, cama elástica, (...), e os exercícios podem ser feitos em circuitos, mas o mais importante é a criação de desequilíbrios a serem superados pelo executor dos exercícios.

O autor afirma que as finalidades são: diminuição do período de latência nervosa, ou seja, reação ao estímulo; formação de engrama sensorial; aquisição de confiança nas atividades; e importância emocional.

O autor ainda divide os exercícios proprioceptivos em três fases, são elas: *fase ativa-estática*, na qual há desequilíbrio a ser vencido pelo executor do exercício; *fase ativa-dinâmica*, exercícios mais complexos com adição de superfícies de apoio para execução dos exercícios; e *fase de proteção de prática desportiva*, na qual alterna-se o ritmo, as superfícies de execução e as posições de simulações dos gestos desportivos.

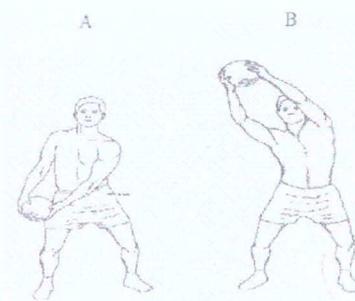
O exercício número 07 é referente ao movimento de retração da escápula, “movimento necessário para boa postura escapulotorácica” (Kisner e Colby, 1998:317). Consiste em deitar-se

em uma mesa em decúbito ventral com o braço abduzido a 90°; segurando um peso livre, eleve o cotovelo envolvido para cima e baixo lentamente.



*Figura 85 – Retração escapular. Há resistência do tipo peso livre em decúbito ventral.  
Fonte: Kisner e Colby, 1998:318.*

O exercício número 08 envolve movimentos diagonais e consiste em posicionar os pés paralelos a uma distância um pouco mais larga que os ombros; pegar uma bola e realizar movimentos de flexão e extensão diagonais.



*Figura 86 – Exercícios Controlados com Resistência Leve. A – padrão de flexão diagonal; e B – padrão de extensão diagonal.  
Fonte: Kisner e Colby, 1998:322.*

O exercício número 09 envolve a estabilização escapular e glenoumeral em cadeia cinética fechada, pois para Rosa Filho (2001), “o trabalho de propriocepção é feito em cadeia cinética fechada, contra a gravidade utilizando plataformas instáveis e pisos irregulares. Este trabalho deve ser feito dirigido para os músculos que se deseja estimular”. O exercício consiste em: posição A - suporte bilateral em posição de mínimo apoio de peso com as duas mãos contra a parede; e B - suporte unilateral sobre superfície menos estável (por exemplo: bolas). A resistência aplicada por uma outra pessoa ou fisioterapeuta é feita enquanto o executor estabiliza-se contra a resistência e move-se para os lados.

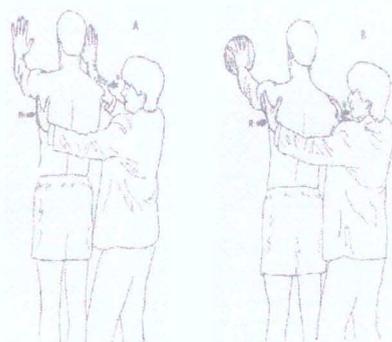


Figura 87 – Exercícios de Estabilização Escapular e Glenoumeral em Cadeia Cinética Fechada.  
Fonte: Kisner e Colby, 1998:319.

O exercício número 10 consiste em posicionar o executor sentado em um banco com um dos braços, primeiramente, abduzido e rodado externamente; pressione o banco com a mão em extensão do braço envolvido; a cabeça volta-se para o lado oposto ao afetado; segure e relaxe.

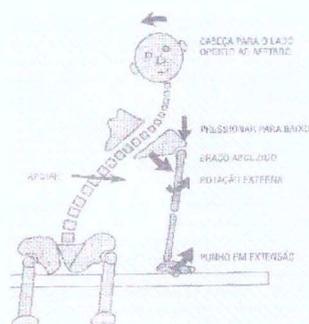


Figura 88 – Exercício de Descarga de Peso.  
Fonte: Cailliet, 2000:198.

Diante da problemática em questão, ou seja, da propriocepção ser utilizada geralmente em atletas já lesados para o “reestabelecimento do controle neuromuscular, cinestesia e do sentido de posição articular” (Arnheim e Prentice, 2002:314), bem como de toda explicação aprofundada dos receptores, descrito nos itens Fuso Neuromusculares e Órgãos Tendinosos de Golgi deste estudo, carece-nos analisar alguns aspectos relacionados à propriocepção na natação e sua importância como treinamento preventivo. Reafirmando a descrição de Rosa Filho (2001:01):

*quanto mais e diferentes estímulos uma pessoa teve em sua vida, provavelmente terá menos lesões por falta de estabilidade, uma vez que o organismo reconhecerá aquele estímulo e desta forma rapidamente será capaz de adaptar-se, gerando equilíbrio.*

### 6.2.3 A Propriocepção na Natação

Colwin (2000) descreve-nos em seu referencial bibliográfico que nadadores mais habilidosos desenvolvem execução rápida de movimentos de alta qualidade e mesmo quando nadam em alta velocidade, normalmente não aparentam pressa, porque eles sempre estão prontos para cada mudança na seqüência de braçadas.

O controle exato do tempo é elemento óbvio da habilidade que, em grande parte, envolve a repetição previsível de muitos movimentos bem-sucedidos em padrões acurados e precisos. Como os componentes de cada seqüência são coordenados e organizados? Tendemos a pensar na habilidade principalmente em termos de movimento, ao descrever a braçada costumamos nos concentrar no que é feito. A análise geralmente divide a ação em unidades detalhadas de movimento, o que representa o rendimento do nadador; porém tendemos a ignorar as condições, em parte porque elas já são inerentes ao ser humano ou porque é difícil ou impossível observar diretamente.

As instruções sobre as técnicas de nado normalmente não fazem referência alguma à água ou ao que o nadador *deve sentir*. A maioria das descrições das técnicas de natação deixa de mencionar o papel desempenhado pela água, o meio no qual a atividade ocorre.

Muitos nadadores altamente habilidosos são incapazes de explicar porque nadam com determinado estilo. Eles podem não estar conscientes das condições sensoriais que regem sua atividade; essa pode ser a razão do bom nadador nem sempre ser bom professor. Geralmente, a habilidade é ensinada quando demonstra-se qual deve ser sua aparência do movimento desejado, em vez de explicar-se qual a sensação que ele deve provocar.

Quanto mais hábil o movimento, mais ele depende dos impulsos sensoriais que, na natação, são principalmente os associados à *visão* e ao *tato*. Na aprendizagem dos movimentos mais precisos a informação visual é essencial quando o grau de tensão e a quantidade de contração muscular vão sendo delicadamente ajustados à tarefa, pontos que facilmente são apreciados quando tentamos aprender qualquer movimento com os olhos fechados.

Os movimentos voluntários são modificados por estímulos sensoriais recebidos da pele, dos músculos e das articulações. Os impulsos sensoriais agem o tempo todo para guiar as contrações musculares. Os músculos estão sob o controle direto e perfeito dos neurônios motores; esses, nunca estimulam a ação dos músculos, exceto quando são influenciados por outros

neurônios. A pressão da água em determinada terminação nervosa sensorial, o sentido do equilíbrio e a relação entre os membros ajudam a produzir nado suave e coordenado. A atenção pode estar dividida entre os diferentes tipos de mensagens sensoriais. Ao confrontar-se com uma massa de informações disponíveis, o nadador aprende a perceber apenas algumas delas e a ignorar o que é irrelevante para a tarefa mais imediata. Por meio do processo de facilitação nas sinapses, a repetição cria caminhos especiais, que serão lentamente estabelecidos a fim de que os movimentos habilidosos tornem-se cada vez mais precisos.

Os movimentos musculares são direcionados por servomecanismo, similar em muitos aspectos aos sistemas de resposta automática, usados nas aeronaves modernas para controlar vários mecanismos. Todos esses mecanismos têm dispositivos (sensores) que medem algumas variáveis físicas e usam essas informações de resposta para controlar os mecanismos que auxiliam o piloto.

Os controles das aeronaves modernas são ligados pelos servomecanismos a atuadores elétricos ou hidráulicos que automaticamente mantêm a aeronave na altitude e velocidade escolhidas. Os servomecanismos percebem erros (por exemplo, o desvio do curso pretendido) e aplicam correção ao controle adequado. Os sinais do sensor, chamado de detector de desalinhamento, ativam um pequeno servomotor que move a superfície de controle na direção necessária para corrigir o desalinhamento, portanto, os procedimentos são realizados sem a intervenção do piloto. A questão é que esses dispositivos funcionam automaticamente para ajudar o piloto, similarmente, ao treinar a propriocepção, o objetivo *é permitir que o nadador baseie-se em pequena quantidade mínima de dicas perceptíveis conscientemente e deixe os sistemas automáticos de resposta controlarem as outras funções da braçada, sem muito esforço consciente.*

O autor ainda descreve-nos que os nadadores devem aprender como o comportamento do fluxo está relacionado a um importante aspecto da mecânica da braçada: a ênfase rotação mão/ antebraço dentro dos limites confortáveis de cada nadador. Há existência de fluxos que podem ser antecipados nos diferentes nados, dentre eles: o fluxo em aproximação, que durante a entrada da mão no nado crawl move-se desde as pontas dos dedos até o punho e ao longo do braço, é conhecido como 'distal' em sua direção; um fluxo que move-se na direção do osso radial, tem o nome 'radial' e ocorre quando os cotovelos flexionam-se para trazer as mãos sob o corpo nos nados crawl e borboleta; um fluxo movendo-se na direção da ulna ou do dedo mínimo ao polegar,

de nome ‘ulnar’, na extensão dos braços e a braçada arredonda-se até os quadris nos nados crawl e borboleta; e por fim, um fluxo movendo-se desde o punho até as pontas dos dedos, denominado fluxo ‘proximal’, no nado de costas no qual o braço estende-se ao final da braçada.

Há configuradores de fluxo que ensinam nadadores a criar e detectar fluxos específicos na água, bem como ajudam-os a descobrir automaticamente o trajeto, a postura e a atitude da mão e do braço mais eficientes durante a braçada e o mais importante: de acordo com suas características físicas. A seguir, exemplos de exercícios propostos de propriocepção para praticantes da modalidade referida.

#### 6.2.4 Proposta de Exercícios de Propriocepção Dentro da Água

O exercício número 11 envolve ensinar o nadador a inserir suas mãos no fluxo em aproximação antes de começar a braçada: o nadador impulsiona a partir da parede com o corpo alongado e as palmas das mãos viradas para fora (dorso das mãos unido), assumindo um formato parecido com o da proa de um navio.



Figura 89 – O Exercício do Navio. A – postura do exercício do navio; e B – ação da proa do navio.  
Fonte: Colwin, 2000: 96.

O exercício número 12 fornece aos nadadores como a mudança da postura das mãos e dos braços provoca uma transição do fluxo, que passa de aerodinâmico a turbulento, ou seja, resistente.



Figura 90 – Variações de Exercícios. A – destróier: há movimento livre do fluxo em aproximação que pode ser percebido nas palmas das mãos viradas para fora e ao longo dos antebraços; B – cruzador; C – barçaça: tanto em B quanto em C o fluxo torna-se mais resistente à medida que as posturas da mão e do antebraço modificam-se.  
Fonte: Colwin, 2000:96.

No exercício número 13 há o ensino, com eficácia, para reconhecer e posicionar a mão corretamente, desencadeando um padrão de braçada, se a puxada do nadador de borboleta for muito estreita ou muito ampla, por exemplo, esse exercício direcionará este nadador corretamente. Este exercício consiste em pressionar o polegar contra o indicador para formar um túnel através do qual o fluxo é canalizado à medida que a direção da mão muda durante a braçada.



*Figura 91 – Túnel de Fluxo.  
Fonte: Colwin, 2000, p. 97.*

Todo o processo depende da sensibilização das terminações nervosas sensoriais. Colwin (2000:97-8) realizou uma experiência na qual, além de filmar os nadadores executando os exercícios descritos acima no treino dentro da piscina, posicionou três enormes ventiladores ao redor do nadador enquanto este ainda assimilava os novos exercícios fora da água, e, com auxílio de mais uma câmera, filmou o atleta de duas posições em tempo real: movimentos laterais e frontais, além de receber instruções enquanto isto acontecia.

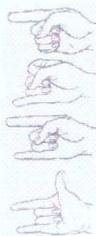
De acordo com Counsilman (apud Colwin, 2000:98) “*visualizar, verbalizar e perceber*” pode ocorrer quase ao mesmo tempo. O autor dá-nos base ainda para descrever exercícios de sensibilização de terminações nervosas sensoriais das palmas das mãos que são altamente sensibilizadas quando são sujeitas a contrastes entre as pressões transitórias e estáticas. O exercício número 14 sugere que o nadador feche as mãos firmemente durante dois ou três minutos antes de começar a nadar, as terminações nervosas sensoriais serão excessivamente compensadas em reação à pressão estática; quando as mãos forem reabertas, elas ficarão particularmente sensíveis à pressão do fluxo em movimento.

O exercício número 15 sugere a sensibilização das pontas dos dedos para o fluxo em aproximação, assim que as mãos entram na água: pressione as pontas dos dedos, um de cada vez contra o polegar; agora use uma das mãos, pressione as pontas dos dedos de uma das mãos contra as da outra, pressione com força e repita várias vezes; agora pressione cada ponta de um dedo de uma das mãos contra o dedo equivalente na outra mão, isso desenvolve a destreza; pressione as pontas dos dedos fortemente contra a parede da piscina enquanto espera pela nova série.



*Figura 92 – Pressão com as Pontas dos Dedos.  
Fonte: Colwin, 2000: 99.*

O exercício número 16 fornece-nos sensibilização simultânea para as pressões transitória e estática, basta manter as mãos nas várias posições durante o nado para sensibilizar os dedos, individualmente ou em grupo, em relação à pressão em movimento; manter a palma da mão fechada sensibiliza-a por meio da pressão estática; esses exercícios sensibilizam imensamente as mãos em relação à percepção da pressão.



*Figura 93 – Sensibilização Simultânea para as Pressões Transitória e Estática.  
Fonte: Colwin, 2000: 99.*

Concluimos esta seção com Colwin (2000:97) que expressa-nos um pensamento relevante:

*é interessante notar que a sensibilidade à água parece diminuir à medida que o trabalho progride, mesmo para os nadadores talentosos. Também parece haver variação de um dia para o outro. Imagino as razões para que isso ocorra: talvez fadiga ou estimulação excessiva das terminações nervosas sensoriais, (...), os educativos para a configuração do fluxo e os procedimentos de sensibilização devem ser realizados todos os dias, como parte da prática regular do treino.*

### **6.3 O Fortalecimento**

“A importância de programas de treinamento e condicionamento (flexibilidade, força,...) são capazes de minimizar as possibilidades de lesão e aprimorar o desempenho atlético”

(Arnheim e Prentice, 2002:60). Os mesmos autores ainda analisam que “a maioria dos movimentos nos desportos é explosiva e deve incluir elementos tanto de força quanto de velocidade para serem efetivos. Se gerada rapidamente grande quantidade de força, haverá o movimento de potência” (Arnheim e Prentice, 2002:69). Os autores prosseguem afirmando:

*nós costumamos considerar os atletas que possuem músculos altamente desenvolvidos como tendo perdido grande parte de sua capacidade de movimentar-se livremente através de amplitude plena de movimento. Ocasionalmente o atleta desenvolve tanta massa muscular que o tamanho físico do músculo impede amplitude de movimento normal. É certamente verdade que o treinamento de força que não é realizado de maneira apropriada pode afetar o movimento; no entanto, se o treinamento com pesos for executado corretamente através de amplitude plena de movimento, não afetará a flexibilidade, pois este treinamento aprimora provavelmente a flexibilidade dinâmica e, se combinado com um programa rigoroso de alongamento, pode acarretar grande melhora nos movimentos poderosos e coordenados que são essenciais para o sucesso em muitas atividades atléticas.*

“Nos anos 50, os nadadores eram alertados que o levantamento de peso poderia levar à formação de músculos volumosos e à diminuição da flexibilidade. Um excelente estudo de Massey e Chaudet destruiu esse mito” (Maglischo, 1999:581). O autor ainda afirma que esses pesquisadores demonstraram que os treinadores de peso e os fisiculturistas eram na verdade mais flexíveis do que a população em geral. A confirmação destes resultados veio mais tarde quando outros autores realizaram estudos nos quais “halterofilistas olímpicos ficaram atrás somente dos ginastas, quanto à flexibilidade, entre grande grupo de atletas olímpicos praticantes de diversos esportes” (Jensen e Fisher, 1975, apud Maglischo, 1999:581). O autor conclui que devido a esses estudos e de outros análogos, as atitudes com relação ao treinamento de resistência mudaram tanto que os especialistas atualmente acreditam que os nadadores devem envolver-se nesse tipo de treinamento, caso pretendam ser bem-sucedidos.

Alves (1959:18) descreve que os músculos do complexo do ombro foram divididos em 02 grupos funcionais:

*os de contenção e os de movimentação. O subescapular, supra e infra-espinhal e o redondo menor asseguram o contato da articulação glenoumeral durante todos os movimentos. O deltóide, peitoral maior, grande dorsal e redondo maior são os*

*principais agentes dos movimentos da escápulo-umeral. O deltóide, o tríceps braquial, biceps braquial, coracobraquial e o supra-espinhal, por sua ação tônica, mantêm o peso do membro na posição ereta.*

À seguir, haverá abordagem do treinamento resistido, definições, tipos ou métodos, bem como a proposta de exercícios desta categoria para praticantes da modalidade com intuito preventivo contra lesão da articulação glenoumeral.

### 6.3.1 O Treinamento de Força

Hamill e Knutzen (1999:91) definem a força como sendo:

*a quantidade máxima de esforço produzido por um músculo ou grupo muscular no local de inserção no esqueleto. Mecanicamente, força é igual ao torque isométrico máximo que pode ser gerado em ângulo específico. Contudo, força é geralmente medida pela movimentação da carga externa mais pesada possível por uma repetição de amplitude de movimento específica. O movimento da carga não é realizado em velocidade constante já que os movimentos articulares são geralmente feitos em velocidade que variam consideravelmente pela amplitude de movimento. Algumas dessas incluem a ação muscular (excêntrica, concêntrica e isométrica) e a velocidade de movimento do membro. Também as características comprimento-tensão, força-ângulo, e força-tempo influem nas medidas de força uma vez que a força varia pela amplitude de movimento. As medidas de força são limitadas pela posição articular mais fraca.*

Arnheim e Prentice (2002:70) descrevem que “um músculo esquelético é capaz de três tipos de contrações: isométrica, concêntrica e excêntrica”. Maglischo (1999:585) descreve que vários métodos de treinamento têm sido utilizados para aumentar a força muscular dos nadadores, como: “exercícios isométricos, treinamentos isotônicos, isocinéticos e de resistência variável; atualmente, debate-se acerca dos méritos relativos desses métodos”.

O autor prossegue sua descrição a respeito do treinamento *isométrico* como sendo a forma na qual os músculos contraem-se contra resistência sem movimentarem-se dentro de uma faixa de movimentos e que estes exercícios podem aumentar a força, mas dentro da pequena faixa de graus, com relação ao ângulo usado no treinamento. Quando na ausência de outro tipo de

treinamento, este pode ser usado para o ganho de massa e força muscular que mais tarde poderão ser aplicados à potência de nado durante treinamento específico de resistência dentro da água.

O treinamento *isotônico*, de acordo com o referencial bibliográfico de Maglischo (1999), corresponde ao um ‘quebra-galho’ para os procedimentos de treinamento que abrangem os exercícios de uma articulação ao longo de determinada faixa de movimentos. Os tipos deste programa atualmente em uso são: treinamento de resistência constante, no qual há refere-se às formas de treinamento livres com pesos, são utilizados halteres fixos e móveis; treinamento de resistência variável, realizados em aparelhos que elevam a resistência ao longo da faixa de movimentos e tentam equiparar esses aumentos às mudanças médias de força durante toda a execução de determinado exercício; e os treinamentos isocinéticos, excêntricos, pesos livres e ‘circuit training’, conforme serão descritos abaixo.

Quando há planejamento para proporcionar um equilíbrio perfeito entre a resistência e a força do atleta em cada ponto da faixa de movimentos, criando resistência de acomodação e controlando a velocidade do movimento, denomina-se treinamento *isocinético*. A teoria subjacente a este treinamento, de acordo com o referencial bibliográfico ainda do mesmo autor, é que a força é exercida contra o objeto em velocidade maior que a de seu movimento, sobrecarregando os músculos ao máximo em cada ponto da faixa de movimentos, logo, a resistência do objeto irá acomodar-se à força que está sendo aplicada contra ele. Há ainda dois aspectos importantes referentes a este tipo de treinamento, para Maglischo (1999:587):

*em primeiro lugar, os atletas têm de estar altamente motivados para realizar e tirar proveito deste tipo de exercício, pois tanto nas forças submáxima ou máximas, o aparelho irá terminar o movimento completando o exercício, para combater este requisito, foi criado um feedback motivador, um instrumento medidor de libras e quilolibras sobre as forças exercidas pelo atleta no aparelho; e segundo, é que os atletas não estão sujeitos a irritações musculares, cujas causas desconhecidas, a teoria prevalecente é que ela decorre da laceração e da lesão às fibras musculares, o que verifica-se menos freqüentemente neste tipo de treinamento.*

Se o treinamento consiste no controle da descida do peso que está retornando à posição inicial, promovendo alongamento controlado dos músculos, é denominado treinamento excêntrico, cuja principal vantagem é que maiores quantidades de resistência podem ser enfrentadas beneficiando o aumento da força. Contudo, há desvantagens com relação à prática

deste tipo de treinamento por parte dos nadadores, citadas por Maglischo (1999:587): “raramente os nadadores executam movimentos vigorosos que sejam de natureza excêntrica; há perigo para os atletas devido aos grandes pesos utilizados; provoca irritações musculares maiores, sinalizando lesão mais intensa ao tecido muscular”.

Caso os exercícios de treinamento de rotina sejam realizados com diversos tipos de halteres ao invés de aparelhos, este método é conhecido como pesos livres. Existe a crença de que há superioridade deste sobre os outros métodos de treinamento porque este exige velocidade e agilidade, bem como força muscular e o equilíbrio destes pesos durante o levantamento ‘causando’ o fortalecimento de maior número de grupos musculares levando a maiores progressos da potência total do corpo, contudo, “a possibilidade de lesão é maior com os pesos livres do que com os exercícios em aparelhos” (Maglischo, 1999:589). O autor ainda descreve-nos que embora seja pequena a incidência de lesões nos programas de treinamento de resistência bem supervisionados, potencialmente os aparelhos são mais seguros do que os pesos livres, pois nos aparelhos a chance de lesão decorrente da queda de um peso durante o exercício fica reduzida a zero, assim como a possibilidade de uma outra pessoa deixar cair inadvertidamente algumas placas. Barbanti (1979:79-80) descreve a respeito do treinamento em circuito que:

*é um método de resistência muscular localizada utilizando-se pesos de 20% a 40% do máximo, com 20 a 50 repetições com pausas de descanso de 01 a 01minuto e 30 segundos. Este método pode ser realizado em forma de treinamento em circuito que objetiva totalidade funcional especialmente muscular melhorando condições da resistência de força muscular. Os exercícios são chamados estações, há entre 06 a 12 estações e deve haver alternância das partes do corpo trabalhadas e os exercícios devem ser fáceis de executar. Os exercícios podem ter tempo fixo, por exemplo, 20 segundos de execução e 20 segundos de recuperação com número de repetições variando para cada indivíduo; ou carga fixa, com o número de repetições em cada estação e não havendo recuperação, esta, estando entre as séries. Este último trabalho é cronometrado sempre tentando diminuir o tempo total do circuito.*

Maglischo (1999:589-90) afirma que:

*este parece ser o melhor procedimento de treinamento de resistência para o uso por nadadores, (...), é uma forma excelente de treinamento de resistência porque grandes grupos musculares podem ser mobilizados durante o programa em curto tempo e com*

*espera mínima entre as estações. Quando o grupo é grande para o número de equipamentos, estações suplementares podem ser acrescentadas ao programa, então, serão incorporados exercícios de calistenia, de cordas ou de alongamento. Os circuitos devem conter entre 06 e 12 estações e ser completados em 20 a 40 minutos.*

“Para o desenvolvimento da força muscular, a resistência deve situar-se entre 70% e 90% da resistência máxima que pode ser mobilizada para uma repetição” (Bompa, 1983 apud Maglischo, 1999:590). Fleck e Kraemer (1999:102) descrevem que o treinamento de resistência localizada “ênfatizam-se os exercícios, padrões de movimentos específicos, tipos de ação muscular para o esporte, baixa intensidade (12-20 RM), descanso moderado (2-3 minutos) para 20 ou mais repetições, descanso rápido (30-60 segundos) para 12 a 19 repetições, 2-3 séries”. Hamill e Knutzen (1999:129-32) auxiliam-nos na conclusão desta seção:

*ao treinar o sistema muscular, ocorre adaptação neural que modifica os níveis e padrões de ativação dos impulsos neurais para o músculo. No treinamento de força, por exemplo, podem ser demonstrados ganhos de força significantes após aproximadamente quatro semanas de treinamento, mas esse ganho não é devido ao aumento no tamanho da fibra muscular e sim ao efeito de aprendizagem no qual ocorre adaptação neural. (...), resumindo, o impulso neural para o músculo pode ser melhorado com o treinamento, aumentando a quantidade de unidades motoras ativas contribuintes, alterando o padrão de disparo e aumentando a potencialização reflexiva do sistema. Do mesmo modo, a imobilização do músculo pode criar a resposta oposta reduzindo os impulsos neurais para o músculo e diminuindo a potencialização reflexiva.*

Maglischo (1999:582) também expõe idéias auxiliando-nos também na conclusão:

*supõe-se que as melhoras na força que não estejam relacionadas ao aumento da massa muscular ocorrem porque o sistema nervoso remove as influências inibidoras, permitindo que maior número de fibras musculares contraíam-se. A influência inibitória do sistema nervoso protege contra lacerações do tecido conectivo.*

A seguir, entraremos em contato direto com os aspectos do fortalecimento na natação, bem como os exercícios propostos pelo autor deste trabalho para prevenção de lesão em atletas e praticantes da modalidade.

### 6.3.2 O Fortalecimento na Natação

Muitos autores, dentre eles Chandler e Kibler (1993); Cunha et al. (2002); Homsy (2002); e Pereira (2002), afirmam ser necessário o fortalecimento principalmente dos músculos do manguito rotador para a prevenção de lesão na natação. Maglischo (1999:589) descreve-nos um exemplo a respeito do treinamento de fortalecimento:

*um jovem na Grécia antiga, Milo de Crotona, queria tornar-se o homem mais forte do mundo, e, assim, ele começou a levantar um bezerrinho em seus ombros todos os dias, carregando-o pela pastagem. Ele continuou a fazer essa atividade até que o bezerro transformou-se num touro completamente desenvolvido. Seus músculos tornaram-se cada vez mais fortes à medida que o animal ia crescendo e Milo acabou sendo um campeão olímpico. O treinamento para aquisição de força baseta-se numa sobrecarga progressiva.*

Dentro deste ponto de vista, Dantas (1999:150) descreve-nos os princípios científicos do treinamento esportivo como sendo: “a individualidade biológica (genótipo e fenótipo); adaptação; sobrecarga (progressiva); interdependência volume-intensidade; continuidade (frequência); e especificidade”. Maglischo (1999:582) ainda descreve que, no caso dos atletas, eles:

*devem despende a primeira parte de sua temporada fazendo treinamento ‘inespecífico’ de resistência para o aumento da massa e da força muscular e também gastar a parte mais adiantada da temporada nos exercícios de simulação de braçadas contra-resistência, tanto fora da água, quanto nela, para treinar o sistema nervoso no recrutamento das fibras musculares mais volumosas. Se por acaso problemas de tempo ou de falta de equipamentos forcem os nadadores a escolher as formas tradicionais de treinamento com peso e os exercícios de estimulação das braçadas, deverão selecionar essa última opção, porque reforça o efeito de aprendizado e aumenta a massa muscular, embora em menores proporções com o treinamento de resistência intenso.*

Ritzdorf (apud Elliott e Mester, 2000:233), analisando a utilização da força na modalidade, descreve que “na natação a aplicação da força é contínua e as forças aplicadas são altas, porém não são máximas. Há grande espectro de demandas e objetivos. A natação de curta distância situa-se em uma das extremidades do espectro”.

O autor ainda prossegue a análise afirmando que:

*é caracterizada pelo fato de que a duração de todas as aplicações de força soma até aproximadamente 01minuto ou mais. O objetivo final é produzir velocidade alta do corpo em período razoável de tempo. Tipicamente, o regime de ação muscular é puramente concêntrico, com fases alternadas de tensão e relaxamento.*

Weineck (1999:652) descreve que “a natação é considerada uma modalidade esportiva típica da resistência, realizada por longo período de tempo mobilizando pelo menos  $\frac{1}{7}$  a  $\frac{1}{6}$  da musculatura total”. Maglischo (1999) descreve em seu referencial bibliográfico que o modo mais óbvio para que os atletas apliquem o princípio de resistência progressiva consiste em acrescentar mais peso a cada vez que eles sintam-se capazes de efetuá-lo. Séries e repetições são utilizadas para determinar quando é hora de fazer esses acréscimos.

Os programas típicos envolvem um exercício específico de resistência executado para determinado número de repetições (tempos) e de séries (grupos de repetições) com velocidade de desempenho monitorada.

Para Fleck e Kraemer (1999:93):

*é importante determinar os principais locais de lesões no esporte e entender o perfil anterior de lesão do indivíduo. A prescrição de exercícios de treinamento de força é projetada para desenvolver a força e função do tecido, (...), a prevenção de novas lesões também é um objetivo importante do programa de treinamento de força.*

Hamill e Knutzen (1999:164) descrevem que “os músculos dos ombros contribuem significativamente para a ação de nadar, gerando maior porcentagem de potência muscular”, como vemos na tabela 06 abaixo.

*Tabela 06 – Ações dos Músculos ao Nadar.*

<i>Músculos</i>	<i>Fase Puxada</i>	<i>Fase Recuperação</i>
Infra-espinhal		***
Supra-espinhal		***
Redondo maior	***	

*\* baixa atividade; \*\* atividade moderada; \*\*\* alta atividade.*

*Fonte: Hamill e Knutzen, 1999:164.*

Maglischo (1999:591) descreve que “os exercícios a serem realizados são os que trabalham os principais grupos musculares utilizados pelos nadadores na propulsão por meio da água. Eles também devem ‘imitar’ ao máximo possível os movimentos da natação” uma vez clara a inespecificidade deste tipo de treinamento, contudo, importante para a prevenção de lesões no ombro de nadadores. Na próxima e última seção deste estudo, há a proposta de caráter preventivo de exercícios de fortalecimento para os principais músculos do manguito rotador do complexo do ombro envolvidos na braçada da natação.

### 6.3.3 Proposta de Exercícios de Fortalecimento

Seguindo a linha de pensamento, Maglischo (1999:591) analisa que:

*os principais grupos musculares empregados nas braçadas são aqueles que conduzem os braços desde a posição acima da cabeça até os quadris: peitoral maior, grande dorsal, rombóides, trapézio e deltóide anterior. As varreduras para dentro com os braços são efetuadas pelos músculos bíceps braquial e redondos. Os que promovem a varredura para fora e para cima de uma posição inferior ao corpo são o deltóide médio e posterior, (...). Os exercícios envolvendo a articulação do ombro executem puxadas anteriores e posteriores remadas para cima, puxadas com os braços estendidos em 90°, roldanas, elevações do ombro e deitado lateralmente, flexão e extensão do tríceps, dentre outros. E os procedimentos para os treinamentos de resistência ‘intensa’ tenham uma frequência de 03 a 05 dias por semana, de séries de 03 a 05 e repetições para a parte superior do corpo de 04 a 08.*

O exercício número 17 trabalha a rotação interna cujo principal executor é o músculo subescapular e acontece da seguinte forma: deite-se confortavelmente com a mão do braço envolvido segurando um peso, flexão do braço, flexão de 90° do cotovelo e dorso da mão voltado para o chão; rode o braço vencendo a ação da gravidade e do peso até que a mão que segura o peso aproxime-se do ombro oposto; vagarosamente retorne à posição inicial e inverta o lado.



Figura 94 – Exercício para Subescapular.  
Fonte: Aaberg, 1998:183.

O exercício número 18 trabalha a rotação externa atuando sobre o músculo redondo menor e infra-espinhal. Posição em pé, com o aparelho à sua direita, braço envolvido paralelo ao corpo e flexão de 90° do cotovelo, mão segurando a polia; rode externamente o braço em aproximadamente 75°; mantenha o braço e a mão envolvida relaxada; vagarosamente volte à posição inicial e inverta o lado.



*Figura 95 – Exercício para Redondo Menor e Infra-Espinhal.  
Fonte: Aaberg, 1998:181.*

O exercício número 19 visa trabalhar a abdução e é um exercício apropriado para o supra-espinhal, mas é importante ressaltar que o exercício também afeta o deltóide médio e anterior. Posição em pé, coluna ereta, joelhos semiflexionados, braços paralelos ao corpo, mão segurando pesos livres e voltadas para o chão; abduza os dois braços até o ângulo de 90° com a face lateral do corpo; vagarosamente retorne à posição inicial.



*Figura 96 – Exercício para Supra-Espinhal.  
Fonte: Aaberg, 1998:191.*

Todos os exercícios de fortalecimento visaram resistência muscular localizada utilizando-se cargas de 40% a 90% do máximo; 20 repetições com pausas de descanso de 01 a 01 minuto e 30 segundos; 03 a 05 séries e vezes por semana (Barbanti, 1979; Maglischo, 1999; Fleck e Kraemer, 1999). “O desempenho de cada esporte ou atividade usa todas as três fontes de energia;

estas a serem treinadas, têm impacto maior no planejamento do programa” (Fleck e Kraemer, 1999:92). Os autores prosseguem afirmando que o “treinamento de força é usualmente mais adequado para desenvolver as fontes anaeróbicas de energia (ATP-PC e ácido láctico) do que para as fontes aeróbicas de energia”.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que, evolutivamente o complexo do ombro modificou-se para atender requisitos humanos tornando-se uma estrutura com acentuado grau de instabilidade e que, na natação esta estrutura é intensamente requisitada, objetivou-se com o presente estudo realizar uma proposta preventiva para lesões no manguito rotador de nadadores competitivos e recreativos. Através da pesquisa bibliográfica foram abordadas as questões temáticas relevantes ao estudo.

Na ‘Revisão Anatômica do Complexo do Ombro’, estivemos em contato direto com os quatro tipos de estruturas ou tecidos que compõem o manguito rotador no complexo do ombro: ósseo (úmero, escápula e clavícula); moles (cápsula e cartilagem articular, membranas sinoviais, ligamentos e bursas); muscular (supra e infra-espinhal, subescapular e redondo menor – estabilizadores primários da articulação glenoumeral); e nervoso (estruturas constituintes como dendrito e axônio, plexo braquial, artérias e veias e outras).

No tópico ‘As Articulações do Complexo do Ombro’, foram abordadas a fisiologia e a histologia das estruturas ósseas do manguito rotador e analisadas biomecanicamente as características de mobilidade da glenoumeral, assim como análises das estruturas adjacentes presentes como cartilagens e cápsulas articulares, ligamentos e músculos envolvidos na estabilização da principal articulação do complexo do ombro.

No tópico ‘A Natação’, foram tratadas as questões referentes aos princípios mecânicos da natação como fluxo da água, tipos de arrasto enfrentado pelos nadadores, a propulsão, a sustentação e a velocidade, o nado crawl, costas e borboleta suas respectivas técnicas e individualidades pertencente a cada atleta e praticante, bem como os possíveis erros que

desencadeiam as lesões dessa magnitude em nadadores. Considera-se técnica aqui como o gesto mais eficiente para a execução do movimento característico de uma modalidade e os erros citados referem-se às impossibilidades articulares e/ou musculares dos atletas/ praticantes de execução do movimento sem a possibilidade de lesão.

No tópico 'A Lesão', tornamo-nos cientes das possíveis causas das lesões em nadadores: a frouxidão ligamentosa e a biomecânica; o uso repetitivo das estruturas (overuse); o supertreinamento (overtraining); os aspectos fisiológicos, psicológicos e nutricionais; bem como os desvios posturais que, em conjunto ou isoladamente, são capazes de predispor o atleta e praticante da natação em situação de ocorrência de lesão, logo, todo profissional presente no âmbito esportivo no qual está inserido o atleta e praticante da natação deve estar voltado para a observação destas causas de lesões no manguito rotador sendo que apenas uma destas causas já é suficientemente poderosa para lesar a pessoa. Imagine se dois ou mais destes fatores de risco estiverem presentes e conjugados no atleta e praticante?

No tópico 'Proposta Preventiva para Lesões no Manguito Rotador de Nadadores', estivemos em contato direto com as capacidades físicas de flexibilidade, resistência de força e propriocepção e seus respectivos conceitos e aplicação. Aqui faz-se necessário um esclarecimento relevante à proposta de flexibilidade em questão: por que não propor a técnica de alongamento balístico para não atletas? Quando foi proposta a técnica de alongamento estático para não atletas, pensava-se em prevenção de lesões também, uma vez que o alongamento balístico pode e deve ser utilizado por qualquer pessoa atleta ou praticante de modalidade esportiva desde que haja acompanhamento profissional qualificado, pois no balístico há probabilidade de ocorrência de lesões devido à velocidade imposta às estruturas envolvidas e à máxima amplitude de movimento atingida.

Fechando o círculo de análise aqui proposto no qual uma lente observadora tem apontado para a direção tão pouco explorada no curso de Educação Física, necessita-se que profissionais de Educação Física, treinadores, técnicos, (...), tenham conhecimento científico das capacidades físicas (força, velocidade, flexibilidade,...), da modalidade na qual estão inseridos, das possíveis causas ou situações de ocorrência de lesões presentes nesta modalidade e, principalmente, tenham consciência de que o 'material' que está sendo trabalhado é humano, logo, há necessidade de ampliar os horizontes acadêmicos muito além do tecnicismo e capacidades físicas ou exclusão esportiva que beneficia apenas os mais aptos biomecanicamente.

É necessário ter consciência de que o ‘esporte é saúde e vida quando’ praticado em ambiente saudável e prazeroso no qual sejam agradáveis e de qualidade<sup>4</sup> as relações das pessoas envolvidas, caso contrário, o esporte não fará com que as pessoas busquem a vida inserida dentro de cada um e não fará com que elas disponham esta vida para ser compartilhada com as outras pessoas. Em tal ponto, o esporte renuncia o caráter saudável e transforma-se em uma relação destrutiva na qual as pessoas expõem suas reações e seus sentimentos mais tristes, abandonando a construção e o trabalho daquilo que elas podem ter de melhor: a saúde e, conseqüentemente, a vida.

Espera-se ter esclarecido a importância do papel do profissional de Educação Física neste contexto humano, a importância do tipo de abordagem que é trabalhado nos treinos, aulas, (...), por estes profissionais. Procurou-se aqui cumprir com deveres acadêmicos dando devida atenção à importância da manutenção da força, flexibilidade e propriocepção das estruturas que compõem o manguito, já que a estabilização do complexo do ombro depende primariamente do suporte muscular e dos tecidos moles presentes nesta estrutura. Espera-se mais uma vez, que o objetivo tenha sido atingido!

---

<sup>4</sup> Entenda-se aqui como atributos definidores da expressão qualidade, as condições e/ ou situações nas quais as relações humanas, em seus diversos aspectos, propiciem o desenvolvimento construtivista dos organismos envolvidos em um contexto de cooperação, equilíbrio, respeito, ética, múltiplas escolhas, (...), e democrático.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AABERG, E. *Muscle Mechanics: correct technique for 73 resistance training exercises*. Human Kinetics, 1998.

ALTER, M. J. *Ciência da Flexibilidade*, 2ª edição. Artmed, 1999.

ALVES, M. B. *Cura da Luxação Recidivante Anterior na Articulação Glenoumeral*. Tese de Doutorado. 1959.

ANATOMY *of the Shoulder*. Disponível em: <[www.scoi.com/sholanat.htm](http://www.scoi.com/sholanat.htm)>. Acesso em: 23 de Mar 2003.

ANDRIES JUNIOR, O. *Modelamento Corporal e Repressão Vital: visão crítica de um ex-atleta em natação*. Unimep, 1991. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Unimep, 1991.

\_\_\_\_\_. *Nadar: o modo de ver e viver a água*. Campinas, 1998. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação Física, Unicamp, 1998.

ARAÚJO JUNIOR, B. *Natação: saber fazer ou fazer sabendo?* Campinas: Unicamp. 1993.

ARNHEIM, D. D.; PRENTICE, E. *Princípios do Treinamento Atlético*, 1ª edição. Guanabara, 2002.

ASTI VERA, A. *Metodologia da Pesquisa Científica*, 7ª edição. RS: Globo, 1983.

BARAK T. et al. *Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 2ª edição. St. Louis: Mosby, 1990.

BARBANTI, V. J. *Teoria e Prática do Treinamento Esportivo*, 2ª edição. Edgard Blücher, 1979.

BATES, A.; HANSON, N. *Exercícios Aquáticos Terapêuticos*, 1ª edição. Manole, 1998.

BECKER, B. E.; COLE, A. J. *Terapia Aquática Moderna*, 1ª edição. Manole, 2000.

CAILLIET, R. *Dor no Ombro*, 3ª edição. RS: Artmed, 2000.

CAMPBELL, J. *The Portable Jung*. NY: Viking, 1971.

CARNEIRO, R. L.; LIMA, V. F. *Flexibilidade*: uma qualidade importante para a prevenção de lesões no esporte. *Novos Conceitos em Treinamento Esportivo CENESP-UFMG*. Publicações INDESP; Série Ciências do Esporte, Ministério do Esporte e Turismo, p.191-210, 1999.

CASTELLANI FILHO, L. *Política Educacional e Educação Física*. Campinas: autores associados, 1998.

CATTEAU, R.; GAROFF, G. *O Ensino da Natação*, 3ª edição. Manole, 1990.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia Científica*. McGraw-Hill, 1972.

CHANDLER, T. J.; KIBLER, W. B. *Muscle Training in Injury Prevention*. In P. A. F. H. Renström, *Sports Injuries*: basic principles of prevention and care. Oxford: Backwell Scientific Publications, 1993.

CIULLO, J. V. *Shoulder Injuries in Sports*: evaluation, treatment and rehabilitation. Human Kinetics, 1996.

CODMAN, E. A. *The Shoulder*. Boston: Thomas Todd, 1934.

COLWIN, C. M. *Nadando para o Século XXI*. SP: Manole, 2000.

CORMACK, D. H. *Ham Histologia*, 9ª edição. Guanabara Koogan, 1991.

CRESPO, M.; MILEY, D. *Manual para Treinadores Avançados*. London: ITF, 1999.

CUNHA, R. S. et al. *Prevenção de Lesões em um Grupo de Atletas de Natação da Academia Mapi*. 2002. Disponível em: <[www.infonet.com.br/fisioterapia](http://www.infonet.com.br/fisioterapia)>. Acesso em: 07 de Jul 2003.

DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C. A. *Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar*: para estudante de medicina, 2ª edição. Atheneu, 2000.

DANTAS, E. H. M. *Flexibilidade, alongamento e flexionamento*, 4ª edição. Shape, 1999.

\_\_\_\_\_. *Flexibilidade no Treinamento do Atleta de Alto Rendimento*. 2002. Disponível em: <[www.geocities.com/doug\\_unesp](http://www.geocities.com/doug_unesp)>. Acesso em: 13 de Jul 2003.

ELLIOTT, B.; MESTER, J. *Treinamento no Esporte*: aplicando ciência no esporte. SP: Phorte Editora, 2000.

ENOKA, R. M. *Bases Biomecânicas da Cinesiologia*, 2ª edição. Manole, 2000.

FENLIN, J. M. *Total Glenohumeral Joint Replacement*. Orthopedic Clinic. North America, 1975.

FERREIRA, A. B. H. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*, 2ª edição. Nova Fronteira, 1986.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J. *Fundamentos do Treinamento de Força Muscular*, 2ª edição. RS: Artes Médicas Sul, 1999.

FREIRE, J. B. *Pedagogia do futebol*. Londrina: Midiograf, 1998.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*, 17ª edição. RJ: Paz e Terra, 1987.

GOULD III, J. A. *Fisioterapia na Ortopedia e na Medicina do Esporte*. Manole, 1993.

GRAY, H.; GOSS, C. M. *Anatomia*, 29ª edição. Guanabara Koogan, 1998.

GRISOGONO, V. *Lesões no Esporte*, 2ª edição. SP: Martins Fontes, 2000.

GUYTON, A.C.; HALL, J. E. *Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças*, 6ª edição. Guanabara Koogan, 1998.

HALL, S. *Biomecânica Básica*. Guanabara Koogan, 2000.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. *Bases Biomecânicas do Movimento Humano*. Manole, 1999.

HAY, J. G. *Biomecânica das Técnicas Desportivas*, 2ª edição. Interamericana, 1981.

HILLMAN, S. K. *Avaliação, Prevenção e Tratamento Imediato das Lesões Desportivas*. SP: Manole, 2002.

HISTÓRIA *da Nataçãõ*. Disponível em: <[www.nataçãototal.hpg.ig.com.br](http://www.nataçãototal.hpg.ig.com.br)>. Acesso em: 23 de Mar 2003.

HISTÓRIA *da Nataçãõ II*. Disponível em: <[www.geocities.com/luisedu60.com.br](http://www.geocities.com/luisedu60.com.br)>. Acesso em: 23 de Mar 2003.

HOMSI, D. *Ombro do nadador*. Disponível em: <[www.orbita.starmedia.com](http://www.orbita.starmedia.com)>. Acesso em: 04 de Jul 2003.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia Básica*, 9ª edição. RJ: Guanabara, 1999.

KAPANDJI, I. A. *Fisiologia Articular*, v. 1, 5ª edição. Panamericana, 2000.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K. *Músculos, Provas e Funções*, 4ª edição. Manole, 1995.

KISNER, C.; COLBY, L. A. *Exercícios Terapêuticos: fundamentos e técnicas*. Manole, 1998.

KREIGHBAUM, E.; BARTHELS, K. M. *Biomechanics, a Qualitative Approach for Studying Human Movemet*. Allyn and Bacon, 1996.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos da Metodologia Científica*. SP: Atlas, 1991.

LENK, M.; PEREIRA, W. *Natação Olímpica*. RJ: Americana, 1966.

LEVANGIE, P. K.; NORKIN, C. C. *Joint Structure and Function, a Comprehensive Analysis*, third edition. F. A. Davis Company, 2001.

\_\_\_\_\_. *Articulação Glenoumeral*. 2002. Disponível em: <[www.terapiamaneual.com.br](http://www.terapiamaneual.com.br)>. Acesso em 23 de Mar 2003.

LITTON, G. *A Pesquisa Bibliográfica, em Nível Universitário*. SP: McGraw-Hill, 1975.

LOTUFO, J. N. *Ensinando a Nadar*, 8ª edição. SP: Brasil, 1952.

LUTTGENS, K.; HAMILTON, N. *Kinesiology, Scientific Basis of Human Motion*, ninth edition. WCB/McGraw-Hill, 1997.

MACHADO, A. B. M. *Neuroanatomia Funcional*, 2ª edição. Atheneu, 2003.

MAGLISCHO, E. W. *Nadando Ainda Mais Rápido*. Manole, 1999.

MANGUITO *Rotador*. Disponível em: <[www.familydoctor.org](http://www.familydoctor.org)>. Acesso em: 10 de Out 2003.

MANZO, A. J. *Manual para la Preparación de Monografías: una guía para presentar informes y tesis*. Buenos Aires: Humanitas, 1971.

MCATEE, R. E. *Alongamento Facilitado*. Manole LTDA, 1998.

MCGINNIS, P. M. *Biomecânica do Esporte e do Exercício*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MCNAIR, P. J.; STANLEY, S. N. *Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle-stiffness and range of motion of the ankle joint*. British Journal of Sports Medicine. Oxford, v.30, p.313-317, 1996.

MIZUMOTO, M. *Tendinite por Overuse ou Fadiga*. Disponível em: <www.heartviewsp.com.br>. Acesso em: 07 de Jul 2003.

MONTAGNER, P. C.; SCAGLIA, A. J.; JOSÉ DE SOUZA, A. *Pedagogia da Competição em Esportes: da teoria para uma proposta de sistematização na escola*. 11/2001, Motus Corporus, v.08, p. 20-31. RJ, 2001.

MONTAGNER, P. C. *Esporte de Competição x Educação? O caso do Basquetebol*. Piracicaba, 1993. Dissertação de Mestrado, UNIMEP, 1993.

\_\_\_\_\_. *A Formação do Jovem Atleta e a Pedagogia da Aprendizagem Esportiva*. Campinas, 1999. Tese de Doutorado, Unicamp, 1999.

MORAES FILHO, I. *Os Males da Maratona*. Disponível em: <www.uol2.com.br>. Acesso em: 07 de Jul 2003.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. *Fisioterapia, Avaliação e Tratamento*. Manole, 1993.

PACIORNIK, R. *Dicionário Médico*, 3ª edição. RJ: Guanabara, 1985.

PAES, R. R. *Aprendizagem e Competição Precoce: o caso do Basquetebol*. Campinas: Unicamp, 1992.

\_\_\_\_\_. *Esporte Educacional: iniciação esportiva*. In: *Esporte Educacional: uma proposta renovada*. org. Cesar A. Barbieri et al. Recife: UPE-ESEF/MEE/INDESP, 1996b.

PALMER, M. L. *A Ciência do Ensino da Natação*. SP: Manole, 1990.

PARKER, J.; SILVA, M. S. M. *Password: english dictionary for speakers of portuguese*. SP: Martins Fontes, 1995.

PEREIRA, J. H. G. *Prevenção de Lesões em Natação*. Revista Braçadas edição de Novembro de 1999. Disponível em: <[www.swingo.com.br](http://www.swingo.com.br)>. Acesso em: 18 de Jun 2003.

RAMOS, M. G. *A Formação de Profissionais de Educação Física: alongamento muscular, uma proposta de conteúdo*. Campinas, 2002. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação Física, Unicamp, 2002.

ROSA FILHO, B.J. *Propriocepção*. 2001. Disponível em: <[www.wgate.com.br/fisioweb](http://www.wgate.com.br/fisioweb)>. Acesso em: 25 de Jul 2003.

ROWE, C. R. *The Shoulder*. NY: Churchill Livingstone, 1988.

SALOMON, D. V. *Como Fazer uma Monografia: elementos de metodologia de Trabalho científico*, 6ª edição. MG: Interlivros, 1978.

SALVADOR, A. D. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Bibliográfica, Elaboração e Relatório de Estudos Científicos*, 11ª edição. RS: Sulina, 1986.

SAMULSKI, D. *Psicologia do Esporte*. SP: Manole: 2002.

SANTOS, M. J. *O Controle dos Movimentos Voluntários do Ombro em Nadadores com Instabilidade Glenoumeral*. Tese de Doutorado. Faculdade de Biologia. Unicamp, 2001.

SCHAUF, C.; MOFFETT, D.; MOFFETT, S. *Fisiologia Humana*. Guanabara Koogan, 1993.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*, 21ª edição. SP: Cortez, 2000.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; DON LEHMKUHL, L. *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*, 5ª edição. SP: Manole, 1997.

SOBOTTA, J. *Atlas de Anatomia Humana*, 21ª edição. Guanabara Koogan, 2000.

SOUZA, R. R. *Anatomia para Estudantes de Educação Física*. RJ: Guanabara, 1982.

TACHIZAWA, T.; MENDES, G. *Como Fazer Monografia na Prática*, 7ª edição. RJ: FGV, 2003.

THIBODEAU, G. A.; PATTON, K. T. *Anatomy and Physiology*, 3ª edição. St. Louis: Morby, 1996.

WATSON, M. S. *Surgical Disorders of the Shoulder*. NY: Churchill Livingstone, 1991.

WEINECK, J. *Anatomia Aplicada ao Esporte*, 3ª edição. SP: Manole, 1990.

\_\_\_\_\_. *Treinamento Ideal*: instruções técnicas sobre desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas de treinamento infantil e juvenil, 9ª edição. SP: Manole, 1999.

WHITING, W. C.; ZERNICKE, R. F. *Biomechanics of Musculoskeletal Injury*. Human Kinetics, 1998.

YANAI, T.; HAY, J. G.; MILLER, G. F. *Shoulder Impingement in Front-crawl Swimming: I*. A method to identify impingement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. EUA, v.32, n 1, p.21-29, jan. 2000.

YANAI, T.; HAY, J. G. *Shoulder Impingement in Front-crawl Swimming: II*. Analysis of stroking technique. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. EUA, v. 32, n 1, p.30-40, jan. 2000.

## ANEXOS

*Tabela 07 – Cronograma.*

	<i>Março</i>	<i>Abril</i>	<i>Mai</i>	<i>Junho</i>	<i>Julho</i>	<i>Agosto</i>	<i>Setembro</i>	<i>Outubro</i>	<i>Novembro</i>
Elaboração do Projeto	X								
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X			
Análises	X	X	X	X	X	X			
Redação Final			X	X	X	X	X	X	X
Apresentação Final									X

*Fonte: Seminário de Monografia II, Faculdade de Educação Física da Unicamp, 2003.*