



UNIVERSIDADE
NOVA
DE LISBOA



UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA



Vanessa Rodrigues

**Contributo para o
Desenvolvimento de um
Programa de Exercícios
Escápulo-Torácicos para
Utentes com Disfunções do
Complexo Articular do Ombro,
com auxílio de biofeedback
cinemático**

Relatório do Projecto de Investigação apresentado para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Fisioterapia, área de especialização em Fisioterapia em Condições Músculo-Esqueléticas realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Ricardo Matias

DECLARAÇÃO

Declaro que este Relatório de Projeto de Investigação é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia.

O candidato,

(Vanessa Alexandra Gaspar Rodrigues)

Setúbal, de de

Declaro que este Relatório de Projeto de Investigação se encontra em condições de ser apresentada a provas públicas.

O orientador,

(Doutor Ricardo da Costa Branco Ribeiro Matias)

Setúbal, de de

Aos meus Pais e ao João
Obrigada por todo o suporte!

AGRADECIMENTOS

Ao professor Ricardo Matias pela orientação e esclarecimentos no decorrer de todo o processo e pelo incentivo final para ultrapassar mais um importante desafio.

Aos meus pais por todo o amor, apoio e suporte, sem eles, nada disto era possível.

Ao João por me acompanhar em todas as jornadas da minha vida, confortando-me e ajudando-me a ultrapassar todos os meus medos.

À D. Rosário e Sr. Zé, à Lídia e ao Francisco e aos meus sobrinhos que me deram uma nova força para continuar.

Ao José Marques, por todo apoio, incentivo e dedicação, obrigada por nunca me deixares desistir.

À Cláudia, Marina e Armindo, obrigada pela amizade, companheirismo e presença ao longo de todo este percurso. Aqueles que estão mais longe, são por vezes, aqueles que estão mais perto, obrigada.

Ao Filipe, ao colégio Valsassina e a todos aqueles que, profissionalmente, contribuíram para poder completar mais esta etapa da minha vida.

A todos os familiares e amigos, que de alguma forma, estiveram presentes neste percurso tão importante na minha vida.

RESUMO

Contributo para o Desenvolvimento de um Programa de Exercícios Escápulo-Torácicos para utentes com Disfunções do Complexo Articular do Ombro, com auxílio de *biofeedback* cinemático

Vanessa Rodrigues; Ricardo Matias

PALAVRAS-CHAVE: complexo articular do ombro; intervenção; fisioterapia; reaprendizagem motora; estabilidade escápulo-torácica; *biofeedback*

Enquadramento: As disfunções do complexo articular do ombro, apresentam uma elevada incidência e prevalência, e o seu impacto na qualidade de vida do utente, torna relevante a procura pela melhor estratégia de intervenção que responda às suas necessidades. As patologias músculo-esqueléticas do ombro têm sido associadas à discinésia escapular, que consiste numa alteração da posição inicial da omoplata e do seu movimento durante os movimentos do membro superior. Os exercícios focados na estabilidade dinâmica da escápulo-torácica permitem ao sistema nervoso central readquirir padrões de movimento que não coloquem em risco as estruturas do complexo articular do ombro e que estão alterados na presença de disfunção. O *biofeedback* cinemático tridimensional tem-se demonstrado efetivo no reconhecimento da zona neutra e na melhoria da qualidade de execução dos exercícios.

Metodologia: O presente estudo de natureza metodológica, consistiu num contributo para o desenvolvimento de um programa de exercícios escápulo-torácicos para a intervenção em fisioterapia direccionado para utentes com disfunções no complexo articular do ombro (DCAO). Este estudo envolveu uma pesquisa bibliográfica em distintas bases de dados internacionais eletrónicas de forma a reunir e sintetizar a evidência existente e foi desenvolvido em 4 fases interligadas: análise crítica da efectividade de intervenções dirigidas a utentes com DCAO; descrição dos modelos e teorias, nos quais a fisioterapia se pode alicerçar para estruturar um programa de intervenção dirigido a utentes com DCAO; identificação e análise crítica de ferramentas relacionadas com movimento humano para informação de retorno e do seu enquadramento no processo de reabilitação; e por fim, o desenho e descrição detalhada de um programa de exercícios escápulo-torácicos dirigidos a utentes com DCAO com base no resultado das três fases anteriores.

Resultados: Desenvolveu-se um programa de exercícios escápulo-torácicos baseado em três estadios segundo um modelo de reaprendizagem motora e estabilidade dinâmica, utilizando exercícios e estratégias descritas como mais efetivos para as disfunções do ombro, recorrendo ao uso de *biofeedback* cinemático tridimensional. O programa de exercícios realizado visa diminuir a dor, restaurar a função e promover corretos padrões cinemáticos, levando à adoção de apropriadas estratégias de movimento por parte do utente.

Conclusão: Foi realizado o primeiro passo para o desenvolvimento de um programa de exercícios escapulo-torácicos que visa responder às necessidades de utentes com disfunção do complexo articular do ombro, contudo novos estudos são importantes para testar quanto à sua viabilidade, avaliar e implementar este programa de forma a poder verificar a sua efetividade e generalizar resultados à população.

ABSTRACT

Contribution to the development of a scapula-focused exercise program with kinematic biofeedback for patients with shoulder dysfunction

Vanessa Rodrigues; Ricardo Matias

KEYWORDS: shoulder; intervention; physiotherapy; motor relearning; scapulothoracic stability; biofeedback

Introduction: The shoulder disorders have a high incidence and prevalence and its impact on patients' life quality, makes relevant the search for the best intervention strategy in response to their needs. Musculoskeletal disorders of the shoulder have been associated with scapular dyskinesis, which is an alteration on resting position or dynamic motion of the scapula. The exercises for scapulothoracic dynamic stability allow the central nervous system regain movement patterns that do not compromise the shoulder joint structures and that are altered in the presence of dysfunction. The three-dimensional kinematic biofeedback has been shown to be an *effective* tool for recognizing the neutral zone and improving the quality of the scapula-focused exercises execution.

Methodology: This methodological study aims to contribute to the development of a physiotherapy scapula-focused exercise program for patients with shoulder dysfunction. This study involved a literature search in different international electronic databases in order to gather and synthesize existing evidence, and its development step involved four interlinked phases: critical analysis of the effectiveness of physiotherapy interventions for patients with shoulder dysfunction; description of the models and theories, in which physical therapy can be based to structure an intervention program for patients with shoulder dysfunction; identification and critical analysis of tools related to human movement used as feedback in the rehabilitation process; and, finally, development and detailed description of a physiotherapy scapula-focused exercise program for patients with shoulder dysfunction, based on the result of the three previous stages.

Results: A scapula-focused exercise program was developed based on three stages in accordance with a motor relearning model and dynamic stability using exercises and strategies described as more effective for the shoulder dysfunction, such as the use of three-dimensional kinematic biofeedback. This exercise program aims to reduce pain, restore function and promote correct kinematic patterns, leading to the adoption of appropriate movement strategies by the patient.

Conclusion: This study represents the first step towards the development of a scapula-focused exercise program that aims to respond to the needs of patients with shoulder dysfunction. However further studies are important to test for feasibility, evaluate and implement in order to be able to verify the program effectiveness and generalize results to the population.

ÍNDICE

1- Introdução	1
2- Revisão da literatura	5
2.1. Disfunções do complexo articular do ombro e efetividade da intervenção da fisioterapia em utentes sintomáticos	5
2.2. Importância da omoplata e da cinemática escapular.....	8
2.3. Alterações cinemáticas nas DCAO.....	10
2.3.1. Fatores contribuintes para as alterações da cinemática ET.....	11
2.3.2. Importância da componente muscular para a reabilitação nas DCAO.....	14
2.4. A intervenção nas DCAO e a utilização de Biofeedback cinemático como informação de retorno.....	17
2.5. Estabilidade Dinâmica e Controlo Motor.....	21
2.6. Importância da reaprendizagem motora e dos mecanismos de feedback.....	25
2.7. Métodos de análise cinemática no CAO.....	34
3. Metodologia.....	41
3.1. Objetivos do estudo.....	41
3.2. Tipo de estudo.....	41
3.3. Procedimentos.....	42
3.4 Implementação do programa de exercícios e instrumentação.....	44
3.4.1 Instrumento.....	44
3.4.2. Procedimentos para recolha de dados cinemáticos.....	45
3.4.3. Procedimentos para utilização da cinemática 3D como informação de retorno.....	47
3.5. Aspetos éticos.....	50
4. Resultados.....	51
4.1. Diretrizes para a avaliação subjetiva dos sujeitos.....	52
4.2. Diretrizes para a avaliação objetiva do sujeito.....	53

4.3. Programa de Exercícios Escápulo-Torácicos em fisioterapia para sujeitos com DCAO baseado em biofeedback cinemático tridimensional	58
4.3.1. Fases e parâmetros de progressão do programa exercícios escápulo-torácicos para utentes com DCAO.....	59
4.3.2. Programa de Exercícios escápulo-torácicos.....	66
4.3.3. Prognóstico da condição.....	82
4.3.4. Resultados esperados.....	84
4.3.5. Critérios de reavaliação e critérios de alta.....	85
5. Discussão de resultados.....	87
6. Conclusão.....	106
7. Bibliografia.....	111
Lista de Quadros.....	127
Apêndice A: Treino de competências realizados ao longo do processo.....	i
Apêndice B: Protocolo de procedimentos para recolha de dados cinemáticos do ombro com o <i>software The Motion Monitor Toolbox Edition</i>	ii

LISTA DE ABREVIATURAS

3D – Tridimensional

CAO- Complexo articular do ombro

DASH - *Disabilities of the arm, shoulder and hand.*

DCAO - Disfunções do Complexo Articular do Ombro

EMG- eletromiografia

ET - escapulo-torácica

EVA- Escala Visual Análoga

GD- Grande Dentado

GU – gleno-umeral

CCI - Coeficiente de Correlação Intraclasse

IGU - Instabilidade da Gleno Umeral

ISB- *International Society of Biomechanics*

MS- membro superior

PMG- programa motor generalizado

PN- Posição Neutra

REU -Ritmo escapulo-umeral

SCSA- síndrome do conflito sub-acromial

SNC- sistema nervoso central

SPADI – *Shoulder pain and disability index.*

TI- trapézio inferior

TM - trapézio médio

TS- trapézio superior

ZN - Zona Neutra

1. INTRODUÇÃO

Este relatório de Investigação foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Trabalho de Projeto e consiste num contributo para o desenvolvimento de um programa de exercícios escapulo-torácicos para utentes com disfunções do complexo articular do ombro (DCAO) com o objetivo de desenvolver e estandardizar uma linha orientadora de intervenção que procure responder aos principais problemas encontrados em sujeitos com esta disfunção.

Os sintomas músculo-esqueléticos constituem importantes problemas de saúde para a população em geral, apresentando um especial impacto a nível profissional (McPhee & Lipscomb, 2009; Roquelaure *et al.*, 2006) e traduzindo-se na diminuição da qualidade de vida (McPhee & Lipscomb, 2009; Picavet & Hoeymans 2004). Segundo Luime e colaboradores (2004a) a incidência da dor no ombro é de 0,9% a 2,5% e a sua prevalência varia entre 6,9-26%. Esta condição está associada a uma manutenção dos sintomas ao longo do tempo, notando-se uma prevalência por um mês entre 18,6% e 31%, uma prevalência ao longo de um ano de 4,7-46,7 % e uma prevalência ao longo da vida de 6,7-66,7%, enfatizando assim a necessidade de intervir ao nível desta condição (Luime, *et al.*, 2004a). A dor no ombro pode levar à incapacidade não só de realizar atividades de lazer, mas também à incapacidade de trabalhar, acarretando consequências não só para o utente, mas também para a sociedade (Luime *et al.*, 2004a). Surge então a necessidade de desenvolver intervenções efetivas capazes de responder à natureza multifactorial destas condições.

A dor e a disfunção têm um impacto direto nos mecanismos de controlo motor (Comerford & Mottram, 2001) e, desta forma, no padrão de movimento. As patologias músculo-esqueléticas do ombro têm sido associadas a padrões de cinemática alterados, conhecidos como discinésia, que consiste numa alteração da posição inicial da omoplata e do seu movimento durante os movimentos do membro superior (MS). A discinésia escapular têm sido verificada em indivíduos com disfunção, quando comparados com indivíduos saudáveis, sendo já demonstrada em sujeitos com diagnóstico de síndrome do conflito sub-acromial (SCSA), uma diminuição da rotação superior e da bácia posterior, assim como um aumento da rotação interna (Borstad, Szucs & Navalgund, 2009; Ludewig & Cook, 2000; Ludewig & Reynolds, 2009) e em utentes com instabilidade da gleno-umeral (IGU), um padrão cinemático idêntico, com exceção da bácia posterior da articulação escapulo-torácica (ET) (Ludewig & Reynolds, 2009).

Devido a estas alterações cinemáticas, a intervenção deverá ter como objetivo não só diminuir a dor e restaurar a função, mas também promover corretos padrões cinemáticos através da realização de exercícios baseados nos princípios do controlo motor e da estabilidade dinâmica da ET. Pretende-se que o utente adquira capacidade para adotar apropriadas estratégias de movimento e durante a realização das suas atividades da vida diária (AVD's). Estas estratégias pretendem ser biomecanicamente vantajosas para melhoria dos sintomas e de forma a prevenir lesões, apresentando já bons resultados ao nível do complexo articular do ombro (CAO) (Struyf *et al.*, 2013).

Dada a elevada incidência e prevalência das disfunções do CAO, torna-se relevante o desenvolvimento de um programa de exercícios escápulo-torácicos direcionados para a intervenção de utentes com disfunções do CAO baseado no que a bibliografia apresenta como mais efetivo com base em resultados publicados, em resposta às necessidades dos utentes, mais especificamente na redução da dor e melhoria da função. Este programa de exercícios tem em conta cada estadio de progressão baseado nos modelos/princípios do processo de reaprendizagem motora e nas melhores estratégias facilitadoras de todo o processo de reabilitação e permite standardizar e facilitar a intervenção dos fisioterapeutas criando uma linha orientadora que poderá ser utilizada e adaptada na prática clínica.

Diferentes formas de *biofeedback*, ou informação de retorno extrínseca, são utilizadas na reabilitação do controlo motor e ajudam na correção de padrões cinemáticos alterados (Henry & Teyhen, 2007). Podem ser usadas para assistir a intervenção, otimizar e acelerar o processo de reabilitação, podendo traduzir-se em estratégias visuais, auditivas ou tácteis (Roy, Moffet, McFadyen & Lirette, 2009b). No presente estudo, a estratégia de *feedback* utilizada baseou-se na utilização da cinemática tridimensional (3D) de forma a recolher dados cinemáticos da ET, e poder dar ao utente informação de retorno que torne perceptível o movimento cinemático desejado. Os métodos de *feedback* até então utilizados baseados na eletromiografia, apesar de se demonstrarem facilitadores na reaprendizagem motora, apenas interpretam resultados face à ativação de alguns grupos musculares, que por si só, pode não resultar no movimento cinemático desejado (Thigpen, Padua, Morgan, Kreps & Karas 2006). O instrumento utilizado como fonte de *biofeedback*, neste programa de exercícios, consistiu num sistema de varrimento eletromagnético que inclui a componente de *hardware Ascension "Flock of Birds" & trakStar* e o *software The MotionMonitor*

Toolbox Edition, e que permite, de forma precisa e rápida, a recolha de dados cinemáticos ao nível do CAO. Este *Software* foi desenvolvido pela empresa *Innovative Sports Training, Inc*, tem vindo a ser utilizado para recolha de dados cinemáticos em vários estudos e tem sido atualizado, com o intuito de tornar a recolha, análise e visualização de dados biomecânicos mais simplificados e de fácil aplicabilidade, para que sejam utilizados como ferramenta para informação de retorno e que permitam ao utente e ao profissional de saúde, obter informação visual clara e em tempo real do movimento da ET na prática clínica. Este *software* vem inovar a intervenção com base numa tecnologia que permite ao utente obter uma imagem elucidativa através de modelo cinemático virtual da sua ET, podendo ajudá-lo a compreender qual o padrão cinemático desejado e assim, avaliar a sua performance e desenvolver estratégias para conseguir controlar a ET, segundo um correto padrão de movimento. O *software* tem vindo a ser continuamente melhorado para que possa ser aplicado na prática clínica, e a sua aplicabilidade está a ser desenvolvida no Departamento de Fisioterapia da ESS-IPS por outro investigador que pretende implementar o programa de exercícios desenvolvido neste estudo, e compreender se este instrumento, é ou não, facilitador do processo de reaprendizagem motora e aplicável em contexto clínico.

Com o *biofeedback* sendo considerado como um potente instrumento na reaprendizagem de tarefas motoras, este programa de exercícios baseado em *biofeedback* cinemático tridimensional, que em tempo real, auxilia o sujeito na correção do seu padrão de movimento, é um facilitador importante na intervenção de sujeitos com disfunção no ombro e pode ser uma mais-valia na sua reabilitação. Para atingir o objetivo deste estudo, procedeu-se à análise crítica da literatura, de forma a que o programa de exercícios desenvolvido seja estruturado e devidamente suportado pela evidência.

Relativamente à estrutura do presente trabalho, este encontra-se dividido em seis capítulos principais, sendo eles a *Introdução/Revisão da Literatura, Metodologia, Apresentação de Resultados, Discussão de Resultados, Conclusão e Bibliografia*. É ainda composto por um capítulo final: *os Apêndices*. Inicialmente é apresentada uma breve introdução e uma revisão da literatura detalhada, relevante e recente que realça a relevância e significância do estudo, bem como, se apresentam os termos e conceitos centrais subjacentes à intervenção da fisioterapia nas disfunções do complexo articular do ombro. A metodologia mostra uma imagem precisa acerca do que foi feito e de como

foi feito este estudo. Estão então descritos o objetivo do estudo, tipo de estudo, os procedimentos e o instrumento utilizado, e as questões éticas inerentes à realização do estudo. A apresentação de Resultados descreve o programa de exercícios escapulo-torácicos desenvolvido, com descrição dos conceitos base para compreensão do programa, as várias fases de tratamento, os parâmetros exigidos para progressão entre fases, os exercícios a realizar, assim como os parâmetros de avaliação e reavaliação do utente com DCAO. O quinto capítulo, prende-se com a discussão do programa em si. Nesta discussão é usada e analisada a bibliografia anteriormente apresentada e é discutido/justificado o programa, havendo uma comparação dos resultados obtidos face a estudos semelhantes e sendo apresentadas as razões para as escolhas da investigadora durante a realização do programa. A conclusão consiste numa síntese da reflexão feita ao longo do desenvolvimento do estudo, respondendo aos objetivos estabelecidos na introdução. Salienta ainda as limitações do trabalho elaborado, recomendações para futuros estudos e as implicações deste para a prática. Por fim, a *Bibliografia* inclui todas as referências bibliográficas utilizadas no presente relatório.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Disfunções do Complexo articular do ombro e efetividade da Intervenção da Fisioterapia em utentes sintomáticos

A dor no ombro é referida como um dos sintomas músculo-esqueléticos mais comuns na prática clínica, seguida da dor lombar e cervical (Rekola, Keinanen-Kiukaanniemi & Takala, 1993) e a sua causa mais frequente é o Síndrome do Conflito Sub-acromial (SCSA) englobando entre 44% to 65% de todas as condições que causam a dor nesta região (van der Helm & Pronk, 1995; Vecchio, Kavanagh, Hazleman & King, 1995). A dor relacionada com a disfunção do ombro apresenta um importante impacto económico e também um grande impacto individual, influenciando tanto a vida profissional, como pessoal do utente (Tekavec *et al.*, 2012). Além dos fatores de risco individuais, tais como idade, obesidade e diabetes (Luime *et al.*, 2004b; Roquelaure *et al.*, 2011), uma forte relação entre as condições de trabalho e distúrbios do ombro tem sido relatada em vários estudos (Leclerc, Landre, Chastang, Niedhammer & Roquelaure, 2001; Miranda, Carnide & Lopes, 2010; Van Rijn, Huisstede, Koes & Burdorf, 2010). Em Portugal, Miranda e colaboradores (2010), realizaram um estudo envolvendo uma população total de 410496 trabalhadores de forma a determinar a prevalência de patologias músculo-esqueléticas clinicamente relevantes relacionadas com o trabalho. A prevalência das patologias músculo-esqueléticas foi de 5.9% (24 269 casos) e as patologias mais prevalentes foram a dor lombar com 4.22% e a dor no ombro (classificada como tendinite) com 0.59%. Uma menor prevalência foi observada nos membros inferiores, sendo verificada uma percentagem de apenas 0,08. A IGU e o SCSA são das disfunções do complexo articular do ombro mais incidentes e prevalentes (Jardim, 2007), contudo várias são as patologias que causam sintomas clínicos idênticos de dor no ombro, tornando-se por vezes, difícil o diagnóstico diferencial: capsulite adesiva, tendinite, síndrome de dor miofascial, osteoartrite, entre outras (Çalis *et al.*, 2000).

A etiologia multifactorial das DCAO, tem tornado difícil a escolha do tratamento mais adequado na prática clínica (Michener, McClure & Karduna, 2003), podendo incluir, meios físicos, alongamentos da cadeia anterior e posterior da cintura escapular, fortalecimento da coifa dos rotadores, mobilidade articular, exercícios direcionados para promover a estabilidade da omoplata e da gleno-umeral (GU), tape e

eletromiografia (EMG) como auxílio na realização de exercícios (Diercks *et al.*, 2014; Gibson, Growse, Korda, Wray & MacDermid, 2004; Michener *et al.*, 2003; Selkowitz, Chaney, Stuckey & Vlad, 2007).

Alguns autores estudaram os efeitos de modalidades de eletroterapia (Green, Buchbinder & Hetrick, 2003; Diercks *et al.*, 2014; Michener *et al.*, 2003). Green e colaboradores (2003), mostraram numa revisão sistemática que as correntes pulsáteis resultam no aumento da sintomatologia em utentes com dor no ombro, e que a corrente interferencial bipolar não apresenta benefícios na dor no ombro relativamente ao tratamento placebo a curto ou longo prazo. Quanto à utilização de ultra-som, não há efetividade da sua utilização na intervenção em utentes com SCSA (Diercks *et al.*, 2014; Green *et al.*, 2003; Michener, Waisworth, & Burnet, 2004), demonstrando apenas ligeiras melhorias ao nível da presença de calcificações no ombro. Ainda assim ao comparar a realização de exercício isolado com a realização de exercício e ultra-som, os utentes não demonstram melhorias adicionais quando comparadas com a isolada realização de exercício (Green *et al.*, 2003) Também a acupuntura não demonstra efectividade na dor no ombro (Diercks *et al.*, 2014). Relativamente à efetividade do laser, apesar de mais benéfico que o tratamento placebo ou que o ultra-som após uma aplicação de 2 a 4 semanas (Diercks *et al.*, 2014), Michener e colaboradores (2004) refere que a evidência mostra este é apenas benéfico quando aplicado isoladamente e que, quando combinado com exercícios, o laser não demonstra benefícios na dor ou na função. Concluiu-se assim que esta intervenção é uma boa opção de tratamento da dor e da função em utentes com SCSA quando estes ainda não toleram o exercício. Diercks e colaboradores (2014), referem ainda que os anti-inflamatórios não esteroides orais são também uma opção na redução da dor nas 2 primeiras semanas. A intervenção cirúrgica tem sido apontada como uma possível intervenção em utentes com SCSA e IGU quando estes não respondem a uma abordagem conservadora (Diercks *et al.*, 2014; Gibson *et al.*, 2004), não mostrando evidência comprovada de melhores resultados quando comparada com o exercício como primeira abordagem de tratamento (Michener *et al.*, 2003).

No que diz respeito ao tratamento conservador, mais especificamente à efetividade do exercício, Michener e colaboradores (2004) numa revisão sistemática, verificaram que os programas de exercício mais utilizados consistem em alongamentos da cadeia anterior e posterior da cintura escapular, na aprendizagem motora para

correção dos padrões de movimento e no fortalecimento da coifa dos rotadores e dos músculos estabilizadores da omoplata. Estes programas de exercício mostraram melhorias ao nível da dor, dos níveis de incapacidade e perda funcional, da força, da amplitude de movimento, da satisfação do utente e do uso global do ombro nas atividades por parte do utente. Diercks e colaboradores (2014), após analisarem a evidência existente, verificaram que o exercício é mais efetivo do que a não realização de tratamento e que os exercícios especificamente focados nos estabilizadores da ET e coifa dos rotadores são mais efetivos que um programa geral de exercícios (Holmgren, Hallgren, Oberg, Adolfsson & Johansson, 2012). A terapia manual é ainda controversa e segundo Brudvig, Kulkarni e Shah (2011), a mobilização articular não trás benefícios a um programa de exercícios na redução da dor e no aumento da funcionalidade. Já outros estudos mostram que a mobilização trás benefícios especialmente ao nível da mobilização dos tecidos moles (Bang & Deyle, 2000). A EMG como fonte de *biofeedback*, parece ainda trazer benefícios quando associada ao tratamento conservador (Gibson *et al.*, 2004) e a cinemática tridimensional começa agora a dar os primeiros passos na demonstração da sua efetividade como fonte de *biofeedback* (Antunes *et al.*, 2014; Cordeiro & Matias, 2013; Ribeiro & Matias, 2013).

O exercício parece então ter um papel preponderante na intervenção de fisioterapia ao nível das DCAO e a compreensão do movimento e da função tem emergido em vários estudos interligando a influência da anatomia, biomecânica, neurofisiologia, controlo motor, patologia, mecanismos de dor e de comportamento, contribuindo para a melhoria na reabilitação desta disfunção (Comerford & Mottram, 2001). Muitos estudos referem a importância de uma intervenção em fisioterapia baseada no conceito de estabilidade dinâmica e reaprendizagem motora (Hess, 2000; Matias & Cruz, 2004; Santos & Matias, 2007, O' Sullivan, 2000), dada a sua importância ao nível da estabilidade articular funcional, sendo que já foram propostos alguns exercícios por vários autores (Bitter *et al.*, 2007; Cools *et al.*, 2007; Mottram, 1997; Lin *et al.*, 2005; Ludewig, Hoff, Osowski, Meschke & Rundquist, 2004) que promovam a melhoria do movimento da escápulo-torácica.

De forma a compreender a importância destas abordagens, é imprescindível a compreensão do papel da omoplata na função do ombro, do seu movimento normal, assim como a compreensão das alterações presentes na disfunção.

2.2. Importância da omoplata e da cinemática escapular

A estabilidade funcional da omoplata requer, além de um equilíbrio muscular, uma posição ótima. Estudos recentes demonstram que a execução de exercícios e técnicas manuais, especialmente concebidos para corrigir os mecanismos biomecânicos alterados nas DCAO, são essenciais para a melhoria da função e redução da dor (Borstad & Ludewig, 2006; Cools *et al.*, 2007, Ludewig & Borstad, 2003; Oyama, Myers, Wassinger, & Lephart, 2010; Voight & Thomson, 2000). Estes estudos vêm de encontro ao facto de se notar uma alteração da posição inicial e do controlo de movimento escapular durante a elevação do braço, conhecida como discinésia escapular, em utentes com disfunção do ombro (Ludewig & Cook, 2000; Matias & Pascoal, 2006; McClure, Michener & Karduna, 2006; Ogston & Ludewig, 2007). Desta forma, Morais e Pascoal (2013) referem que, identificar os padrões de cinemática escapular, é a chave da avaliação do ombro.

O complexo articular do ombro permite uma grande mobilidade (3 graus de liberdade), a qual compromete a sua estabilidade (Gibson, *et al.*, 2004). A omoplata tem um papel importante na função normal do ombro e a sua posição adequada é importante para a estabilização da GU. Esta estrutura anatómica desempenha três funções importantes: manter a estabilidade dinâmica controlando a mobilidade da GU no CAO; servir como base de inserção muscular; e permitir aos músculos manter uma relação ótima de comprimento/tensão, resultantes de permanentes alterações da sua posição (Voight & Thomson, 2000). Posturas alteradas, nomeadamente posicionamento anormal da omoplata e alteração do movimento da mesma, são considerados como um importante fator de risco para o desenvolvimento de patologia no ombro (Hébert, Moffet, McFadyen & Dionne, 2002).

A avaliação da posição inicial da omoplata torna-se relevante na avaliação clínica do sujeito. Segundo Mottram (1997), existe um consenso geral acerca da posição inicial da omoplata devendo situar-se na região posterior do tórax entre a 2ª e a 7ª costela. O seu ângulo superior deverá estar ao nível do processo espinhoso de T2 e T3, a raiz da espinha deve corresponder ao processo espinhoso de T3 e T4 e o ângulo inferior poderá estar ao nível de T7, T8 ou T9, podendo descair até T10 (Sobush *et al.*, 1996). Nos estudos de Guerreiro e Matias (2007) realizados em Portugal, verificou-se que esta posição inicial da omoplata deve ser vista como um “espectro da normalidade” uma vez que está dependente de uma variabilidade inter-individual onde maiores dimensões do

tórax estão associadas a maiores áreas da omoplata e ainda a maiores distâncias entre a coluna, e está também dependente de uma variabilidade de estímulos que rodeiam o indivíduo. Neste estudo, verificaram que, em média, a posição inicial da omoplata caracteriza-se por 32,74° de protração, 11,2° de rotação superior e 4,32° de báscula anterior, que a distância média da omoplata à coluna foi de 9cm da ângulo inferior a T8 e de 8 cm da raiz da espinha a T1 e que o valor médio referente à área da omoplata foi de 72,62cm². Já Ludewig e colaboradores (2009), num estudo realizado com colocação de pins ósseos, verificaram uma posição inicial caracterizada por 41.1° ± 2° de protração, 5.4° ± 1° de rotação superior e 13.5° ± 2° de báscula anterior. Os valores não são totalmente concordantes entre estudos, deixando em aberto a existência de uma variabilidade inter-sujeitos.

O movimento da omoplata no tórax é de grande importância para o movimento normal do complexo articular do ombro. Durante a elevação do membro superior, o úmero roda sobre a omoplata (articulação gleno-umeral) e a omoplata move-se sobre o tórax (articulação escapulo-torácica) de forma a permitir uma maior amplitude de movimento, a promover uma base estável de apoio para a cabeça do úmero e a manter o comprimento do músculo deltóide e o seu potencial de força (Borstad *et al.*, 2009). O resultado é um movimento sincronizado da cintura escapular e do úmero descrito como Ritmo escapulo-umeral (REU) (Matias & Pascoal 2006; McQuade, Dawson & Smidt, 1998). A orientação da omoplata relativamente ao tórax corresponde tridimensionalmente ao movimento escapulo-torácico e as rotações que descrevem essa orientação são definidas pelos *ângulos de Euler* (Karduna, McClure, Michener, Sennett, 2001). No movimento ótimo em 3 dimensões, a omoplata roda internamente ou externamente em torno de um eixo vertical, roda superiormente em torno de um eixo perpendicular ao plano da omoplata e faz uma posteriorização no tórax em torno de um eixo horizontal (Borstad *et al.*, 2009; Lunden, Braman, LaPrade, Ludewig, 2010). Durante o movimento máximo de elevação do úmero, a omoplata normalmente roda superiormente 45–55°, faz uma báscula posterior de 20–40° e roda externamente entre 15–35° (Escamilla, Yamashiro, Paulos, Andrews, 2009).

A rotação superior da omoplata eleva a porção externa do acrómio e é assim necessária para abrir o espaço sub-acromial de forma a permitir a passagem da coifa dos rotadores entre o acrómio e a grande tuberosidade do úmero durante a elevação do ombro (Lin *et al.*, 2005). Já a báscula posterior da omoplata eleva a parte anterior do

acrómio e pode ser crucial para obter uma abertura adequada dos tecidos subacromiais incluindo tendões da coifa dos rotadores, longa porção do bicípite e bursa subacromial (Lin *et al.*, 2005). Relativamente à rotação interna e externa (protração/retração) não apresenta um movimento tão linear, dependendo do plano e da amplitude de elevação do braço. Na flexão do membro superior a omoplata roda internamente no início do movimento enquanto na abdução roda externamente. No final do movimento de elevação a omoplata realiza uma rotação externa em qualquer um dos planos (Ludewig *et al.*, 2009). É ainda importante referir que durante o movimento de elevação do ombro a clavícula demonstra um padrão de elevação e retração, e que a elevação ET é um resultado da elevação esternoclavicular enquanto a abdução/adução é resultado da protração/retração esternoclavicular (McClure, Michener, Sennett, Karduna, 2001; Ludewig & Reynolds, 2009).

O movimento normal do ombro resulta então da ação combinada entre as articulações escápulo-umeral, acrómio-clavicular, esterno-clavicular e escápulo-torácica, cuja coordenação, permite ao ombro uma ampla amplitude de movimento necessária à realização de atividades desportivas (Decker, Hintermeister, Faber, Hawkins, 1999). Um distúrbio no ritmo escápulo-umeral pode causar um posicionamento inapropriado da cabeça do úmero face à cavidade glenoide, podendo resultar em lesão (Ludewig, Cook & Nawoczenski, 1996). Toda esta importância atribuída à omoplata na função normal do ombro vem então justificar o interesse dos vários autores na avaliação da omoplata na prática clínica e vem justificar a efetividade demonstrada nos vários estudos relativamente à intervenção baseada na estabilidade dinâmica da ET. Estes vieram influenciar o desenho do programa de exercícios deste estudo, mas para tal parece importante perceber que alterações cinemáticas estão então presentes em utentes com DCAO e quais os seus fatores contribuintes, nos quais é necessário intervir.

2.3. Alterações cinemáticas nas DCAO

Vários estudos têm tentado perceber quais as alterações na cinemática presentes em utentes com disfunção do ombro. Várias alterações têm sido verificadas em indivíduos com SCSA e/ou com disfunção na coifa dos rotadores, notando-se uma diminuição da báscula posterior e da rotação superior e um aumento da protração da ET, assim como uma translação superior e anterior e uma rotação interna da GU (Borstad *et*

al., 2009; Hebert, Moffet, McFadyen, & Dionne, 2002; Ludewig & Braman 2010; Ludewig & Cook, 2000; Ludewig & Reynolds, 2009; McClure *et al.*, 2006). Dos 9 estudos analisados por Ludewig & Reynolds (2009), apenas três estudos não verificaram estas alterações cinemáticas, encontrando, num deles, o aumento da rotação superior da omoplata quando comparados utentes com SCSA com assintomáticos (McClure *et al.*, 2006) e em 2 estudos o aumento da báscula posterior (Laudner, Myers, Pasquale, Bradley, Lephart, 2006; McClure *et al.*, 2006). Acredita-se que o conflito está relacionado com estas alterações cinemáticas, dado que o acrómio não se afasta adequadamente do úmero, reduzindo o comprimento/volume do espaço sub-acromial durante a elevação do MS e, que repetidamente, provoca uma compressão na coifa dos rotadores e/ou da bursa sub-acromial (Michener *et al.*, 2003). Em utentes com instabilidade da gleno-umeral tem sido verificado também um comportamento cinemático anormal da ET idêntico ao anteriormente descrito, com exceção da diminuição da báscula posterior da articulação escápulo-torácica. (Ludewig & Reynolds, 2009; Ogston & Ludewig, 2007) e em utentes com diagnóstico de capsulite adesiva tem sido notada um aumento da rotação superior, provavelmente em compensação da perda de amplitude de movimento (Ludewig & Reynolds, 2009). Os estudos de Lin e colaboradores (2005), notaram ainda uma excessiva elevação da omoplata em sujeitos com DCAO, durante o movimento de elevação do ombro acima do nível da cabeça (média de 2.3 cm, 1.6 cm, 1.9 cm, respetivamente). Embora estas relações entre a cinemática escapular e as DCAO serem verificadas frequentemente, não foi demonstrada ainda uma relação causa-efeito. Segundo Kibler e colaboradores (2013), a discinesia escapular pode ser uma causa da disfunção, mas também um efeito da mesma. É importante a avaliação dos mecanismos contribuintes para estas alterações de forma a intervir diretamente nos mesmos durante o processo de reabilitação.

2.3.1 Fatores contribuintes para as alterações da cinemática ET

Múltiplos factores contribuem para a cinemática escapular anormal: neurológicos (como por exemplo as radiculopatias cervicais), ósseos, articulares e musculares (Kibler *et al.*, 2013). A cifose torácica aumentada tem sido umas das grandes causas apontadas para o aumento da protração e da báscula anterior, com diminuição também da rotação superior, e demonstra a necessidade de avaliar e intervir na postura de utentes com DCAO (Kibler, *et al.*, 2013; Ludewig & Reynolds, 2009).

Outros fatores de trauma direto como a fratura ou luxação da clavícula, tem sido apontados como causa óssea de discinésia, assim como a instabilidade articular e a artrose da acrómio-clavicular e GU (Kibler *et al.*, 2013). Os mecanismos relacionados com a componente muscular têm sido amplamente investigados, e os autores apresentam os encurtamentos das estruturas anteriores e posteriores (mais especificamente do músculo pequeno peitoral e da cápsula posterior) e o deficiente controle motor dos músculos escapulo-torácicos como factores importantes na alteração da cinemática ET (Borstad & Ludewig, 2006; Ludewig and Cook, 2000; Matias & Pascoal, 2006; Michener, McClure, Karduna, 2003; Yang, Chen, Chang, & Lin, 2007). A ativação muscular tem sido o fator mais investigado em utentes com DCAO, contudo estas alterações musculares não estão então única e diretamente ligadas com a alteração da cinemática escapular (Ludewig & Braman 2010; Ludewig & Reynolds, 2009). A importância da componente muscular e a sua relação com a intervenção em fisioterapia nas DCAO, é abordada no próximo sub-capítulo.

A dor e a fadiga são também dois fatores importantes a considerar no momento da intervenção, pois podem alterar a cinemática ET durante os movimentos da GU.

Alterações na atividade muscular e na cinemática escapular e têm sido identificadas em indivíduos com disfunção, contudo, mesmo em sujeitos assintomáticos, a fadiga muscular contribui para as alterações no ritmo escapulo-umeral, que a curto ou longo prazo, se torna um risco plausível para a patologia (Sood, Nussbaum, & Hager, 2007). Borstad e colaboradores (2009), num estudo com sujeitos assintomáticos verificaram que ao realizar uma tarefa que promova a fadiga (propuseram uma tarefa isométrica na posição de *push-up plus*), resulta na diminuição da potência da frequência nos músculos grande dentado (GD), trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI) e Infraespinhoso e especialmente numa diminuição da báscula posterior (-3.8°) e no aumento da protração ($+3.2^\circ$), contribuindo para alterações cinemáticas da escapulo-torácica que são similares às alterações presentes em sujeitos com SCSA (Borstad *et al.*, 2009). Já Su, Johnson, Gracely e Karduna (2004), no seu estudo com nadadores com e sem SCSA, verificaram que em sujeitos sem disfunção a cinemática escapular não apresentava alterações significativas antes e após a prática de natação, mesmo após a ocorrência de fadiga muscular, contudo em utentes com SCSA, verificaram uma diminuição da rotação superior da omoplata devido a fadiga muscular

do ombro imediatamente após a realização da prática. Tsai, McClure, e Karduna (2003) através de exercícios com bandas elásticas promoveram a fadiga dos músculos rotadores externos resultando também numa diminuição da báscula posterior, da rotação externa e da rotação superior com diferenças entre os 2.4° to 4°. Embora, sejam alterações pequenas, alguns autores referem que diferenças de 4°-5° podem ser significativas (Ebaugh, McClure, Karduna, 2005). Borstad e colaboradores (2009), suportaram a hipótese que a fadiga muscular do músculo grande dentado é um potencial mecanismo para o SCSA, via alteração da cinemática escapular, especialmente em grupos com atividades de ativação muscular acima da cabeça, contudo apesar de se verificar alterações cinemáticas após a presença de fadiga muscular, não se pode estabelecer uma relação de causa-efeito dado poder existir outros fatores a contribuir para a patologia.

Relativamente à dor, tem sido observado que em pacientes com dor músculo-esquelética, comparando com indivíduos saudáveis, a representação dos músculos afetados pela dor, apresentam alterações funcionais (reorganização) das propriedades neuronais no sistema sensório-motor. Por exemplo, nos estudos em utentes com dor lombar, é demonstrado um atraso na ativação do músculo transverso do abdómen durante um movimento rápido, podendo dever-se a essa reorganização (Boudreau, Farina & Falla, 2010). Segundo Willigenburg, Kingma, Hoozemans e van Dieën (2013), a dor pode também afetar a propriocepção, os padrões de ativação muscular e consequentemente a cinemática. Isto tem sido justificado por aferências nociceptiva no feedback do fuso muscular, o que prejudica a propriocepção e consequentemente a capacidade de realizar um movimento de forma precisa. Num estudo sobre dor no ombro, a diminuição da precisão de facto coincidiu com uma diminuição da acuidade proprioceptiva no grupo da dor (Huysmans, Hoozemans, van der Beek, de Looze & van Dieën, 2010).

Embora a evidência ser baseada em poucos estudos, a manutenção dessas alterações neuroplásticas corticais no sistema sensitivo está a emergir como um fator importante para a manutenção persistente da dor levando à cronicidade, sendo assim de grande importância a intervenção a este nível (Boudreau *et al.*, 2010). Os estudos realizados sugerem que estas alterações neuroplásticas corticais no sistema sensório-motor associadas à dor, podem ser reversíveis através do treino de reaprendizagem motora (Boudreau *et al.*, 2010) e, que este, deve assim ser realizado no início da apresentação dos sintomas de forma a reduzir o risco de aumento de alterações

neuroplásticas corticais mais desfavoráveis. De forma a evitar as alterações cinemáticas descritas, a realização dos exercícios não deve então despertar sintomatologia e devem ser realizados de forma a prevenir a fadiga muscular.

2.3.2. Importância da componente muscular para a reabilitação nas DCAO

A componente muscular, como fator contribuinte para as alterações da cinemática escapular, tem sido amplamente estudada. Os estudos relativos ao recrutamento muscular baseiam-se no impacto que o desequilíbrio na produção de forças tem no movimento anormal da omoplata dado que, durante a elevação do membro superior, o úmero move-se sobre a omoplata pela ação dos músculos da escápulo-torácica. Alguns desses músculos estão inseridos na omoplata e alguns deles atuam como rotadores desta estrutura e outros relacionam-se com o movimento da gleno-umeral (Cools, Witvrouw, Declercq, Vanderstraeten & Cambier, 2003; Matias & Pascoal, 2006). Quando se fala nos músculos que estabilizam a omoplata, não se pode falar somente num músculo isolado, mas sim num par de forças. O par de forças referente à GU é o sub-escapular e Infra-Espinhoso. Já o par relativo à omo-costal é o Grande Dentado e Trapézio (Magarey & Jones, 2003).

O trapézio superior é descrito muitas vezes como um rotador superior da articulação escápulo-torácica. Apresenta também capacidade em realizar elevação e retração da clavícula relativamente ao tórax (Johnson Bogduk, Nowitzke & House, 1994; Phadke, Camargo & Ludewig, 2009). Contudo, um excesso de ativação deste músculo pode resultar uma elevação da clavícula em excesso e subsequente excesso de báscula anterior da ET, o que tem sido demonstrado na presença de DCAO (Ludewig & Braman 2010; Phadke *et al.*, 2009). O músculo grande dentado tem uma grande capacidade de realizar rotação superior (Johnson *et al.*, 1994; Phadke *et al.*, 2009) e a sua linha de ação permite-lhe contribuir substancialmente para a báscula posterior da omoplata (Phadke *et al.*, 2009, Ludewig & Braman 2010) e ainda para a rotação externa (Ludewig *et al.*, 2004; Phadke *et al.*, 2009). Segundo Ludewig e colaboradores (2004) este músculo tem uma função primária de estabilizar a omoplata contra o tórax, e uma alteração na sua função pode conduzir a uma descoaptação (“winging”) da omoplata. O músculo trapézio médio e inferior de uma forma geral são estabilizadores internos da omoplata e contribuem para a rotação externa (retração) da omoplata. (Ludewig & Braman 2010). O músculo trapézio inferior, assiste ainda o GD na sua função de rotação

superior. A Coifa dos rotadores é especialmente importante na produção de rotação externa e interna da GU, na estabilização da cabeça umeral na cavidade glenoide prevenindo excesso de translação superior provocado pelo músculo deltóide (Sharkey & Marder, 1995). Por fim, o músculo pequeno Peitoral tem sido referido como um antagonista essencial ao movimento da escápulo-torácica, sendo especialmente importante na prática clínica por promover um aumento da rotação interna e uma diminuição da báscula posterior quando encurtado (Borstad & Ludewig, 2005).

Pequenas alterações na ação dos músculos da escápulo-torácica descritos acima, podem então afetar o alinhamento e as forças envolvidas no movimento, conduzindo a sobrecarga elástica na coifa dos rotadores, a *stress* nas estruturas capsulares da glenoumeral e levar à patologia do ombro (Cools *et al.*, 2003; Ludewig & Braman 2010; Matias & Pascoal, 2006). Estas alterações prendem-se com o nível de ativação e com o tempo de recrutamento, sendo ambos fatores importantes na coordenação do movimento da omoplata na elevação do úmero (Cools *et al.*, 2003).

Numa revisão sistemática, Phadke e colaboradores (2009), tinham como objetivo reunir evidência acerca da ativação muscular e da sua contribuição na cinemática do ombro em sujeitos assintomáticos e sujeitos com SCSA. Verificaram que em utentes com SCSA se verificava um aumento da atividade do trapézio superior (Lin *et al.*, 2005; Ludewig and Cook, 2000) e do deltoide médio, a diminuição da atividade do GD (Lin *et al.*, 2005; Ludewig & Cook, 2000; Peat & Grahame, 1977) e coifa dos rotadores (Myers, Hwang, Pasquale, Blackburn, Lephart, 2008; Reddy, Mohr, Pink, Jobe, 2000) e ainda um atraso do tempo de latência do trapézio médio (TM), TI (Cools *et al.*, 2003) e GD (Wadsworth & Bullock-Saxton, 1997). Verificaram ainda que utentes com encurtamento do pequeno peitoral exibiam padrões cinemáticos escapulares alterados idênticos aos padrões encontrados em utentes com SCSA.

Já Struyf e colaboradores (2014), realizaram uma outra revisão sistemática com um total de 12 artigos, com o objetivo de sumarizar a evidência existente acerca da atividade dos músculos da escápulo-torácica e do seu tempo de recrutamento medido por EMG em sujeitos assintomáticos e sintomáticos com SCSA ou IGU. No grupo de utentes com SCSA concluiu-se que existe evidência moderada face a uma diminuição da atividade do músculo TI e GD e de um aumento do TS quando comparados com os sujeitos assintomáticos. Contudo, não encontraram um consenso face aos utentes com

IGU. Também no que toca ao tempo de recrutamento, os resultados não foram consensuais.

Ludewig and Cook (2000), refere que a diminuição da atividade do músculo GD (9%) leva a uma diminuição da báscula posterior da omoplata e conseqüente diminuição da elevação da porção anterior do acrómio em sujeitos com SCSA. Lin e colaboradores (2005), encontraram resultados similares na sua investigação durante a realização de atividades funcionais.

No seu estudo, Lin e colaboradores (2005), verificaram um aumento da atividade do músculo TS em sujeitos com disfunção do ombro quando comparados com sujeitos sem disfunção, que justificam como sendo uma forma de compensar a diminuição da ativação do GD. Além disso, o aumento de atividade deste músculo leva também ao aumento da elevação da omoplata.

Os resultados dos estudos parecem bastante concordantes e os estudos mostram que exercícios para o músculo GD são especialmente importantes em utentes com disfunção especialmente se apresentarem diminuição da rotação superior e diminuição da báscula posterior, sendo esta última visível por uma proeminência do ângulo inferior da omoplata (Phadke *et al.*, 2009). O uso de exercícios em reabilitação para os músculos TM e TI utilizados em utentes com SCSA, podem beneficiar utentes com diminuição da rotação superior ou com excesso de rotação interna (notada pela proeminência do bordo interno da omoplata) dado o seu papel de estabilizador interno (Phadke *et al.*, 2009). O treino de força do músculo TS não é aconselhado em utentes com SCSA, sendo muitas vezes aconselhado o seu alongamento (Phadke *et al.*, 2009). Tal como o TS, também para o pequeno peitoral é aconselhado o alongamento, permitindo à omoplata fazer uma rotação superior, retração e báscula posterior (Bostard & Ludewig, 2006). Estes autores referem que um auto-alongamento (*unilateral self-stretch*) é mais efetivo do que o alongamento promovido pelo fisioterapeuta. O pequeno peitoral insere-se na apófise coracóide da omoplata e na terceira, quarta e quinta costela junto às articulações esterno-costais. Para alongar este músculo, deve ser elevado o braço, permitindo à omoplata fazer uma rotação superior, retração e báscula posterior. O utente deve estabilizar o braço sintomático numa superfície plana vertical como uma parede. Seguidamente deve rodar o tronco para o lado oposto, sentindo a região anterior do ombro a esticar e mantendo a posição 30 segundos, com intervalos de 10 segundos entre cada alongamento (Bostard & Ludewig, 2006).

Em utentes com SCSA, tem sido verificado ainda um encurtamento posterior da cápsula da GU, que resulta no aumento da translação anterior e superior da cabeça do úmero na cavidade glenóide e que conduz à diminuição do espaço sub-acromial durante a elevação do membro superior. Baseado nestes estudos, os alongamentos dos tecidos posteriores da cápsula são exercícios que devem ser integrados na intervenção sendo o *cross-body stretch* o alongamento mais efetivo (McClure *et al.*, 2007).

O músculo deltoide anterior (DA) parece ter um papel importante na elevação do úmero, e no estudo de Lin e colaboradores (2005), estes autores notaram um aumento da atividade deste músculo, acreditando que seu aumento em sujeitos sintomáticos, vem compensar da limitação de amplitude de movimento do ombro na realização de atividades funcionais acima do nível da cabeça. Tal como músculo DA, também o TS se encontra com uma actividade superior ao desejado e no seu estudo, Smith, Sparkes, Busse e Enright (2009), verificaram elevados níveis no rácio TS/TI em utentes com SCSA comparado com sujeitos assintomáticos demonstrando assim o desequilíbrio entre as fibras do TS e do TI em utentes sintomáticos. Também relativamente ao TS/GD, tem sido verificado o mesmo desequilíbrio e uma das abordagens para a escolha dos exercícios na intervenção do CAO tem por base estes rácios, como será abordado seguidamente nesta revisão.

2.4. A intervenção nas DCAO e a utilização de Biofeedback cinemático como informação de retorno

Tendo em conta os défices na ativação muscular local apresentados em utentes com fraco controlo escápulo-torácico, os exercícios que promovem a sua ativação são considerados importantes para facilitar o recrutamento neuromuscular e um melhor controlo do movimento da omoplata.

De Mey e colaboradores (2013), referem que na literatura, a seleção de exercícios escápulo-torácicos é baseada em dois conceitos:

- 1) Focado nos níveis de ativação dos músculos escápulo-torácicos, mesmo que nem sempre impliquem o movimento tridimensional da omoplata desejado;
- 2) Focado na promoção dos padrões de movimento tridimensional da omoplata.

Neste primeiro conceito, a reabilitação tem sido focada essencialmente na realização de exercícios que promovam a ativação dos músculos escápulo-torácicos

sendo avaliados utilizando eletromiografia, quer produza ou não o movimento tridimensional desejado. Nesta abordagem de intervenção é dado um especial enfoque nos estudos que demonstram que indivíduos com discinesia escapular, apresentam hiperatividade do músculo TS com reduzida ativação dos músculos GD, trapézio médio e inferior, as quais são associadas à diminuição da rotação superior, da rotação externa e da báscula posterior (de Mey *et al.*, 2013). Vários autores apresentam exercícios que promovam a ativação dos músculos TI e GD e inibam a ativação do TS e baseiam-se nos baixos rácios TS/TM, TS/TI e TS/GD (Cools *et al.*, 2007; Cricchio & Frazer 2011; Hardwick, Beebe, McDonnell, Lang, 2006) para a escolha de exercícios adequados para a reabilitação de sujeitos com DCAO. Alguns exercícios foram então analisados e demonstrados, através de eletromiografia, como bons exercícios para promover a ativação muscular do GD: *push-up plus* e progressão de exercícios de *push-up*, o “*dynamic hug*,” o *supine “punch*,” e o “*Wall slide exercise*”(Decker, Hintermeister, Faber, Hawkins, 1999; Ludewig *et al.*, 2004; Ludewig & Reynolds, 2009). Cools e colaboradores (2007), demonstraram que os exercícios *prone extension*, *sidelying external rotation*, *sidelying forward flexion*, e *prone horizontal abduction with external rotation* apresentam baixos rácios TS/TM e baixos rácios TS/TI, e concluiu que são bons exercícios para promover a ativação muscular do TI.

Na segunda abordagem, a avaliação da cinemática durante a realização dos exercícios, parece trazer informação adicional importante na reabilitação dos utentes. De Mey e colaboradores (2013), analisaram estes últimos 4 exercícios apresentados por Cools, e colaboradores (2007) e, após um estudo com sujeitos assintomáticos, verificaram uma grande importância de uma consciente correção da orientação da omoplata durante a realização desses exercícios, pois promove uma elevada ativação das 3 porções do músculo trapézio especialmente em dois exercícios particulares: *prone extension* e *sidelying external rotation*. Este controlo consciente da posição da omoplata parece ser considerado uma boa abordagem de tratamento, especialmente com estes dois exercícios, sendo relevante para melhorar a propriocepção, normalizar a posição inicial da omoplata em repouso e promover a ativação muscular do trapézio, ou seja, promover a melhoria na coordenação neuromuscular e de défices de força. Apesar de não encontrarem uma melhoria nos rácios TS/TM e TS/TI como esperavam, os autores sublinham que os resultados com ou sem controlo da omoplata foram idênticos, o que mostra que os 4 exercícios por si só são considerados úteis para melhorar o controlo

escapular podendo ser utilizados quando esta abordagem é utilizada. Outro estudo que demonstrou a importância da escolha dos exercícios baseada na cinemática e não apenas no nível de ativação muscular, foi um estudo de Thigpen e colaboradores, (2006) que comparou a cinemática escapular e a atividade muscular durante dois exercícios (*full-can* versus *empty-can supraspinatus exercises*). Determinou que enquanto os dois exercícios resultaram num equivalente nível de ativação muscular, a análise cinemática demonstrou que *full-can exercise* pode ser realizado sem comprometer o espaço subacromial ao contrário do *empty-can exercise*.

O exercício de *Push-up Plus* assim como as suas variantes *Knee push-up* (com os joelhos em flexão apoiados no chão) e *wall push-up plus* (contra uma parede na posição de pé), têm sido indicados neste tipo de utentes uma vez que, segundo dados de EMG, aumenta a atividade do GD e diminui o TS (Ludewig *et al.*, 2004). Estes autores referem que o exercício na parede é menos efetivo pois apresenta maior rácio TS/GD, contudo sugerem que pode ser indicado, especialmente quando os sujeitos não toleram ainda as restantes variantes de *push-up* pela sua exigência. Apesar destes benefícios apresentados pela EMG, Lunden e colaboradores (2010), avaliaram a cinemática no ombro destes exercícios e verificaram que o *wall push-up*, promove uma diminuição da rotação superior e o aumento da rotação interna, favorecendo a diminuição do espaço acromial e, como tal o SCSA. Mais uma vez, estes resultados baseados na cinemática, levam o fisioterapeuta a pensar na utilização ou não deste exercício ou numa modificação do mesmo de forma a não exacerbar os sintomas do doente e atrasar o processo de recuperação.

Num estudo de Oyama e colaboradores (2010), demonstraram que a simples realização de dois exercícios de retração da omoplata pode ser benéfica, com base na sua cinemática e em níveis de atividade muscular escapular e clavicular. Há também evidências para a efetividade do treino corretivo do movimento, pensado para influenciar os pares de forças em torno da omoplata, em pacientes com SCSA. Por exemplo, Mottram, Woledge e Morrissey (2009), estudaram e demonstraram em sujeitos assintomáticos, a influência do indivíduo ter capacidade de orientar a omoplata na realização de exercícios na posição de sentado sem movimentos do membro superior (MS). Apenas controlando a omoplata, após o ensino do movimento de báscula posterior e rotação superior, demonstraram aumento na ativação das 3 porções do trapézio, sugerindo assim que uma ótima postura pode assim ser treinada.

Segundo Struyf e colaboradores (2012), após um tratamento focado na omoplata que incluiu alongamentos e treino do controlo motor da ET, durante 9 sessões (4-8 semanas) em utentes com SCSA, verificou um efeito do tratamento clinicamente importante ao nível da integração nas tarefas diárias, da dor durante a reprodução dos testes Neer e Hawkins e ainda na sensação subjetiva de dor na escala de EVA, quando comparados com um grupo de controlo que realizou outro tratamento também considerado benéfico para estas condições (exercício direcionado para a coifa dos rotadores e terapia manual) e que não demonstraram melhorias significativas. Os efeitos mantiveram-se no momento de avaliação (*follow-up*) após 3 meses. Relativamente ao controlo motor da omoplata, não notaram melhorias significativas após a intervenção nem no momento de follow-up, justificando os resultados pela falta de sensibilidade do teste utilizado na medição do controlo motor.

Já Worsley e colaboradores (2013) realizaram um estudo baseado numa intervenção de 10 semanas, direcionada para o treino do controlo motor que incluía: 1- exercícios de controlo motor para corrigir o alinhamento e coordenação da omoplata envolvendo: a) aprendizagem da orientação ótima da omoplata na posição de repouso e durante movimentos ativos do MS; b) exercícios específicos para o músculo GD e Trapézio. 2- técnicas de terapia manual para alívio de sintomas: alongamentos de estruturas encurtadas e redução de *trigger points*. Estes autores demonstraram uma diminuição da dor e aumento da função significativas e, do ponto de vista cinemático, obtiveram melhorias na rotação superior da omoplata durante a elevação do ombro no plano sagital (média de 4.8° a 90° de elevação da GU: $P < 0.05$), e melhorias ao nível da báscula posterior no plano frontal ($P < 0.05$). Embora se tenham verificado também estes movimentos da omoplata em outros planos de movimento do braço, estas não foram significativas.

Para a proposta do plano de intervenção deste estudo, tal como o estudo de Worsley e colaboradores (2013), foram analisados e utilizados exercícios com efetividade comprovada por EMG para a promoção da estabilidade dinâmica articular, e foi dado um especial enfoco na capacidade de o individuo orientar a posição da omoplata durante a realização dos vários exercícios, recorrendo à análise cinemática para monitorizar o exercício. A estabilidade dinâmica é essencial para função normal do CAO e o enfoco na análise cinemática da posição e controlo do movimento escapular durante o tratamento tem vindo a aumentar, uma vez que o treino num padrão de

movimento incorreto poderá reforçar esse padrão (Magarey & Jones, 2003) e, além disso, a correta orientação da omoplata pode influenciar a função da articulação GU e a função da musculatura da coifa dos rotadores (Ludewig & Reynolds 2009). É importante compreender os modelos que estão por trás deste tipo de intervenção baseado na estabilidade dinâmica e controlo motor, assim como as teorias de reaprendizagem motora que têm vindo a influenciar as abordagens e fases de tratamento dos utentes com DCAO.

2.5. Estabilidade Dinâmica e Controlo Motor

A estabilidade dinâmica é essencial para restaurar a estabilidade articular funcional, e relaciona-se com a capacidade do sistema nervoso central (SNC) modelar, de forma eficiente, o controlo inter-segmentar através de uma co-ativação do sistema muscular local e solicitando, através de padrões coordenados, o sistema muscular global (Matias & Cruz, 2004; Santos & Matias, 2007).

Segundo Panjabi (1992), a estabilidade, pode ser aplicada à articulação glenoumeral e resulta da interação coordenada dos três subsistemas: ativo (músculos que envolvem o CAO e que controlam o movimento nas articulações e permitem a mobilidade do membro superior), passivo (estruturas ligamentares e capsulares) e neural que contribui para a estabilidade dinâmica do ombro interagindo, através da propriocepção, com o controlo do sub-sistema ativo de forma a estabilizar a articulação. Este autor, refere-se à zona neutra (ZN) como uma amplitude articular que parte da posição neutra articular inicial (PN) até uma posição limite onde os movimentos fisiológicos ocorrem com o mínimo de resistência interna, sendo limitados pelas componentes elásticas do sub-sistema passivo. A zona elástica é uma zona medida a partir do final da ZN até ao limite da amplitude de movimento, onde movimento se dá com elevada resistência interna (Panjabi, 1992). A PN é uma posição inicial, considerada como ideal de repouso (situada numa zona intermédia entre as várias componentes de rotação: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e báciaula anterior/posterior ao nível do CAO) e, segundo Panjabi (1992), estabilidade articular ou de movimento pode ser definida segundo o conceito de ZN, e refere que numa condição de laxidão ligamentar e fraco controlo dinâmico, esta “Zona Neutra” pode estar anormalmente aumentada, definindo esta condição como instabilidade (Comerford &

Mottram, 2001). Este conceito de zona neutra tem vindo a ser aplicado ao nível do CAO e influencia directamente o planeamento da intervenção, uma vez que, a orientação dinâmica da omoplata na ZN ao longo do movimento de elevação do MS, tem sido referida como importante para a função normal do ombro, influenciando a estabilização da GU na cavidade glenóide (Mottram, 1997; Mottram *et al.*, 2009).

Comeford e Mottram (2001), apresentam uma compilação das formas de disfunção do sistema muscular local e sugerem que estas alterações se podem agrupar por: controlo segmentar anormal e défice no recrutamento motor, referindo-se este último, a alterações no tempo e nos padrões de recrutamento.

Ligado ao conceito de estabilidade dinâmica surge o conceito de controlo motor que se refere à capacidade de regular ou orientar os mecanismos essenciais ao movimento (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). No SNC existem três áreas responsáveis pelos processamentos neurais e, como tal, pelas respostas motoras específicas que regulam o movimento e a estabilidade articular funcional: a medula, a área sub-cortical (tronco cerebral) e a área cerebral (córtex cerebral e cerebelo, entre outros) (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). A nível medular são processadas a atividade reflexa e padrões mais simples e elementares. A nível subcortical é processado o controlo automático e estereotipado do movimento, de acordo com a informação sensorial recebida. Por último, a área cortical processa e modula os comandos motores associados aos movimentos voluntários. Esta função é executada pelo córtex motor primário (Myers, Guskiewicz, Schneider & Prentice, 1999).

Existem alguns modelos/teorias diferentes relativamente ao controlo do movimento das quais se destaca o modelo de *feedback*, modelo de *feedforward*, teoria do esquema de Schmidt e modelo híbrido (Desmurget & Grafton, 2000; Schmidt, 2003). O modelo de *feedback*, considera que o comando motor e consequente ativação do músculo requerido para a realização da tarefa, é definido em tempo real durante a realização da atividade motora através da análise de um sinal de erro que continuamente compara as posições da mão e da tarefa (Desmurget & Grafton, 2000). Este mecanismo é responsável pelas correções circunstanciais dos erros do movimento, controlando a acção momento a momento, sendo importante na manutenção da postura, contudo demonstra-se insuficiente na realização de tarefas rápidas (Santos & Matias, 2007). Alguns estudos mostram que teoria de *feedback* por si só é redutiva dado que os indivíduos não deixam de realizar movimentos relativamente precisos quando lhes é

retirado o *feedback* visual e, além disso, as constantes correções dos erros do movimento podem produzir trajetórias um pouco instáveis (Desmurget e Grafton, 2000).

O modelo de *feedforward* vem propor que o comando motor é definido antes do início do movimento, já que o sistema nervoso é capaz de “aprender e prever” um comportamento em resposta a um determinado comando. *Feedforward* é então um controle antecipatório da atividade que parece resultar de programas motores e depende da capacidade do SNC prever as consequências dos acontecimentos sensoriais (Van Vliet & Heneghan, 2006). É essencialmente importante em ações rápidas, enquanto o mecanismo de *feedback* é utilizado no máximo, no final da trajetória quando a velocidade da atividade não é tão rápida (Desmurget & Grafton, 2000). Este mecanismo baseia-se na existência de representações internas do sistema motor, na memória de ambientes usados e em comandos motores específicos em antecipação ao movimento. Ocorre de forma a ajustar a posição do membro, a mover o centro de massa antes do seu deslocamento, a manter a estabilidade do sistema vestibular e do campo visual durante os movimentos do pescoço, a preparar para forças reativas antecipadas ou a atuar sinergicamente de forma a manter a estabilidade muscular local (Falla, Rainoldi, Merletti & Jull, 2004). Aurin e Latash (1995) sugerem como atividade antecipatória associada ao mecanismo de *Feedforward*, o intervalo de tempo de 100ms antes e 50ms após o instante de atividade de um músculo mobilizador (*prime mover*).

Desmurget e Grafton (2000) analisaram estes dois modelos, considerando-os reducionistas e sugerem que o Modelo Híbrido integra estes dois modelos e é realmente utilizado pelo sistema nervoso envolvendo o cerebelo e o córtex parietal posterior. Segundo este modelo, existe um plano motor antes do início do movimento, ainda impreciso, necessitando assim de ser acompanhado de mecanismos internos de *feedback* que ajustam e refinam o movimento em tempo real (Desmurget & Grafton, 2000). Na prática, considera-se que inicialmente é estimado o movimento baseado na localização do membro e da tarefa, sendo posteriormente convertido num plano motor. Durante o movimento, há uma modulação da dinâmica do membro, recebendo informações sensoriais e motoras e gerando uma estimativa do final do movimento que é comparada com o local da tarefa. Em caso de discrepância é gerado um sinal de erro, levando a

uma modulação do comando motor. Há assim uma constante modelação do movimento com atualizações do padrão inicial de ativação muscular.

Schmidt na década de 70 propôs uma importante teoria de aprendizagem motora que tem sido analisada e melhorada ao longo dos anos: teoria do esquema. Esta teoria dá especial importância ao conceito de controlo de circuito aberto e conceito de programa motor generalizado (PMG). Este investigador mantém a ideia da existência de um programa motor e que, de alguma forma, as ações rápidas têm de ser organizadas antecipadamente e armazenadas na memória, dado que o mecanismo de *feedback* é muito lento para o controle destas ações. Propôs que os programas motores não contêm normas específicas dos movimentos, mas sim normas gerais para uma classe específica de movimentos e, deste modo, o sujeito aprende uma série geral de normas que podem ser aplicadas numa variedade de contextos na realização de uma “mesma” ação (Schmidt, 2003). Após a realização de um movimento são armazenados na memória 4 aspetos: condições iniciais do movimento, os parâmetros utilizados no PMG, o efeito do movimento (conhecimento de resultados) e as consequências sensoriais do movimento. Estas informações abstratas são armazenadas em dois compartimentos da memória sob a forma de dois esquemas: esquema de lembrança e de reconhecimento. O esquema de lembrança é responsável por selecionar e produzir a resposta através dos parâmetros do PMG, avaliando as condições iniciais e o objetivo do movimento. O esquema de reconhecimento é utilizado para avaliar mais tarde a resposta avaliando as consequências sensoriais do movimento (no decorrer do PMG e após o movimento) comparadas com as condições iniciais avaliando assim a sua eficácia. Deste modo, ao longo da vida, existe um processo contínuo de avaliação destes esquemas e quanto maior a extensão e a variabilidade prática ao longo da vida, melhor é a aprendizagem motora, atingindo cada vez melhores resultados em diversas condições. Propõe que sendo um programa motor generalizado deveria seguir um conjunto de parâmetros e características invariantes no tempo e na quantidade de força gerada. Quanto ao tempo relativo (estrutura temporal de recrutamento motor) considera então como sendo um parâmetro invariante, seguindo uma escala linear no tempo, contudo a sua exatidão é ainda discutível. Já a quantidade de força gerada parece ser realmente um parâmetro variante dependendo do contexto da tarefa sendo um bom exemplo o efeito da gravidade na força gerada pelo músculo.

Relativamente aos padrões cinemáticos, o indivíduo pode usar uma variedade de padrões cinemáticos que não parecem ser representados numa simples escala de padrões fundamentais. Este fenómeno de “equivalência motora” no qual a tarefa é pré-programada, mas varia no seu padrão fundamental, demonstra a capacidade do ser humano de alcançar uma mesma meta ou realizar uma mesma ação via diferentes movimentos (Schmidt, 2003). Este padrão deve ser atualizado com a prática e na execução de novas tarefas motoras sendo que a utilização de *feedback* (informação de retorno) pode ser importante para corrigir a nova tarefa, como será abordado mais adiante nesta revisão. A intervenção com vista a restaurar a discinesia escapular, deve basear-se assim em exercícios baseados no controlo motor de forma a readquirir corretos padrões de movimento e de ativação muscular (Worsley *et al.*, 2013), dado estes poderem ser apreendidos, através da prática. Os conceitos da aprendizagem motora, ajudam a compreender a forma como se dá a aquisição de novas componentes de movimento.

2.6. Importância da reaprendizagem motora e dos mecanismos de feedback

Como referido anteriormente, na realização das nossas ações são usados programas motores definidos como um conjunto de comandos pré-estruturados que definem os detalhes essenciais a uma ação apreendida (van Vliet & Heneghan, 2006). O sujeito move-se de variadas formas, contudo respeita um certo padrão de movimento utilizando esses programas motores (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Ao nível do ombro estes programas motores tornam-se relevantes uma vez que o controlo da posição estática e dinâmica é acompanhado por um padrão de ativações musculares que colocam a omoplata na posição ótima entre a base estável do tronco e o braço móvel (Nieminen, Niemi, Takala, Viikari-Juntura, 1995).

A aprendizagem motora pode ser definida como um conjunto de processos internos associados com a prática ou experiência, que conduz a uma mudança relativamente permanente na capacidade de realizar uma atividade motora, envolvendo a aprendizagem de novas estratégias. (Dijk, Jannink & Hermens, 2005; Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Esta, deve ser permanente, já que alterações a curto prazo numa atividade motora não são consideradas aprendizagem. A aprendizagem motora em conjunto com o controlo motor, surge de um processo que envolve a perceção, cognição e ação e procura uma solução para uma tarefa que surge de uma interação do indivíduo

com a tarefa e o ambiente (Dijk, Jannink & Hermens, 2005; Shumway-Cook & Woollacott, 2001). A neuroplasticidade é uma característica intrínseca neurofisiológica que ocorre dinamicamente ao longo da vida e que se torna imprescindível no processo de aprendizagem motora. Pode ser definida como uma alteração morfológica ou funcional nas propriedades neuronais tais como, a resistência das ligações internas, padrões alterados de representação ou uma reorganização dos territórios neuronais (Calford, 2002; Sanes & Donoghue, 2000).

Na aquisição de uma nova habilidade motora (*motor skill*), dão-se alterações neuroplásticas corticais importantes podendo aumentar a capacidade de realizar uma atividade motora. Por outro lado, em modelos experimentais de dor crónica, as alterações neuroplásticas são muitas vezes acompanhados por um comportamento desfavorável, como uma diminuição no desempenho. Uma vez que o desempenho motor alterado pode ser um fator para a manutenção da dor, as abordagens de reabilitação motora que visam restabelecer estratégias motoras normais, são um aspeto fundamental do tratamento de distúrbios da dor músculo-esquelética (Boudreau *et al.*, (2010).

Há evidências que sugerem que as alterações neuroplásticas podem ocorrer em intervalos muito curtos de formação (Boudreau *et al.*, 2007) e que a aquisição de uma habilidade motora segue duas fases: inicialmente há fase de rápida aprendizagem na qual consideráveis melhorias no desempenho são observadas dentro de uma única sessão de treino; Depois disso, a aprendizagem é mais lenta e os novos ganhos no desempenho podem ser observados em várias sessões (e até semanas) de prática (Karni *et al.*, 1998). Fitts e Posner (1967), descreveram uma teoria de aprendizagem motora a partir de uma perspetiva temporal, sugerindo três fases envolvidas na aprendizagem de um nova habilidade motora e que tem influenciado as fases de reabilitação na intervenção da fisioterapia nas DCAO (Antunes *et al.*, 2014; Cordeiro & Matias, 2013; Rodrigues & Matias, 2009; Santos & Matias, 2007; Santos & Matias, 2011)

O primeiro estadio é a cognição, no qual o indivíduo está envolvido na compreensão da natureza da tarefa e procura estratégias para a desempenhar. Nesta fase, necessita de uma grande atenção para a realização da atividade, experimenta uma variedade de estratégias, abandona aquelas que não funcionam e armazena aquelas que lhe são úteis (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Esta fase caracteriza-se pela elevada quantidade de erros no desempenho e pela natureza grosseira desses erros. É

fundamental a instrução, demonstração e outras fontes de *feedback* visuais ou verbais, proporcionando ao sujeito uma ideia global da habilidade, dos objetivos da mesma e ajudando-o a corrigir os erros da resposta motora. O instrutor/fisioterapeuta deve fornecer a informação mais relevante para a sua execução especialmente as suas componentes críticas de organização espacial e temporal (Godinho, Barreiro, Melo e Mendes, 2007).

O segundo estadió de aquisição de uma habilidade motora é o associativo. Neste estadió o indivíduo já selecionou a melhor estratégia para a tarefa e começa a refinar a habilidade. A variabilidade no desempenho é menor diminuindo o número e frequência dos erros e harmonizando os movimentos, revelando assim o desenvolvimento de referências internas (sensoriais) de correção da resposta (Godinho *et al.*, 2007; Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Nesta fase, os aspetos verbais da aprendizagem são menos relevantes dado que a concentração do indivíduo está mais dirigida para o aperfeiçoamento da habilidade motora do que na procura de estratégias para a desempenhar (Shumway-Cook e Woollacott, 2001). Ao compreender e controlar as relações entre as diferentes componentes do movimento, o sujeito começa a modificar e adaptar a sua resposta às exigências do envolvimento, testando novas soluções para produzir a ação motora. Assim, nesta fase deve-se proporcionar ao sujeito situações que o obriguem a adaptar e aplicar o padrão de movimento adquirido a novas situações, e deve prolongar-se por mais tempo que a fase anterior (Godinho *et al.*, 2007).

Por fim, o terceiro estadió é o autónomo, existindo já um automatismo da habilidade motora demonstrando um baixo nível de atenção para o seu desempenho (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Neste estadió o sujeito pode começar a dedicar a sua atenção a outros aspetos como procurar no ambiente os obstáculos que possam impedir o desempenho, antecipar a resposta a determinado estímulo, concentrar-se numa tarefa secundária ou até reduzir custos energéticos para evitar a fadiga. Nesta fase, a baixa frequência de erros é evidente e, este facto, manifesta-se na elevada estabilidade e consistência da resposta. A ação motora é realizada de forma eficaz e económica no que respeita aos custos cognitivos e energéticos. A melhoria de desempenho tende a estabilizar e as modificações do mesmo são relativamente lentas (Godinho *et al.*, 2007).

O treino cognitivo devidamente orientado segundo estes estadios, contribui significativamente para a reversibilidade das alterações corticais associadas à dor e,

umentando lentamente a complexidade da tarefa ao longo da duração do treino de reabilitação, pode incentivar esforço cognitivo melhorando essas as alterações.

Uma abordagem de intervenção que tem sido considerada efetiva no tratamento de utentes com dor músculo-esquelética envolve o treino de ativação de um músculo inibido ou com atraso de ativação através de repetidas contrações voluntárias do próprio músculo (Tsao, Druitt, Schollum, Hodges, 2010). Crow, Pizzari e Buttifant (2011), numa revisão sistemática, determinaram que o exercício tem efeitos positivos no tempo de recrutamento muscular e que o treino isolado de um músculo, produz mais efeitos que o fortalecimento generalizado. A razão para utilizar esta abordagem baseia-se no princípio de treino de uma nova formação habilidade motora, que dá ênfase à melhoria do desempenho de uma componente de movimento em vez da simples execução de uma sequência de movimentos (Fitts e Posner, 1967). O facto de a literatura descrever um padrão geral de movimento da escápulo-torácica nos utentes com DCAO, sugere que exercícios que visem a melhoria desses movimentos pode ter o potencial de efetivamente restabelecer o movimento normal da ET nesses sujeitos, embora isto não esteja ainda devidamente demonstrado na literatura (Oyama *et al.*, 2010).

Mottram e colaboradores (2009) definiram a posição neutra da omoplata como uma posição onde existe um mínimo de suporte do sistema passivo osteo-ligamentar estando a posição a ser mantida pelas estruturas miofasciais e realizaram um estudo com o objetivo de quantificar os movimentos ocorridos durante o exercício de orientação escapular para a zona neutra e a habilidade dos sujeitos em reproduzir a posição. Concluíram que, ao fim de 5min após o início da aprendizagem o exercício, os sujeitos eram capazes de reproduzir o exercício e demonstraram que, com a ajuda de *feedback* visual, táctil e auditivo para facilitar a aprendizagem, é possível ensinar um sujeito assintomático a reproduzir um padrão de movimento não familiar. Destaca-se então, deste estudo, que um fisioterapeuta experiente pode influenciar a posição da omoplata no que respeita à rotação superior e à bácia posterior, sendo importante na reabilitação das DCAO, podendo comparar-se este treino de aprendizagem de uma tarefa, com estadio de cognição estabelecido por Fitts e Posner (1967).

Em indivíduos saudáveis, o treino de tarefas motoras, tem sido associada a melhorias no desempenho de tarefas e no aumento da representação do músculo treinado ao nível do córtex, quando comparado com a simples repetição de exercícios de força (Boudreau *et al.*, 2010). O treino de tarefas motoras juntamente com o treino de

força não promove maiores alterações neuroplásticas corticais quando comparadas com o treino isolado das tarefas motoras (Remple, Bruneau, VandenBerg, Goertzen, & Kleim, 2001). Além disto, no treino destas tarefas, a capacidade de atingir um componente específico de movimento exige maior habilidade e aumento dos níveis de atenção e precisão do que a contração de todos os músculos num exercício de treino de força (Boudreau *et al.*; 2010). Tais resultados sugerem que as tarefas de precisão devem ser usadas, a fim de facilitar as alterações neuroplásticas corticais que são conhecidas por ocorrer em associação com as fases de aprendizagem de tarefas funcionais não treinadas, que, em última instância, conduzem a melhorias no comportamento motor ou no desempenho (Boudreau *et al.*, 2010). Este autor refere ainda que aumentar em excesso as repetições da tarefa dentro de cada sessão, pode não trazer benefícios adicionais no desempenho motor. Esta conclusão tem por base a noção de que rápidas mudanças na excitabilidade cortical surgem após curtos intervalos de treino (aproximadamente 60 repetições num período de 10 a 15 min.) (Boudreau *et al.*, 2007, Boudreau *et al.*, 2010). Estas repetições devem ser limitadas de forma a minimizar tanto a dor como a fadiga. Estes estudos sugerem assim que o treino segundo o conceito de reaprendizagem motora deve ser realizado sem dor de forma a otimizar o tratamento e que o tipo, carga e frequência do exercício devem ser adaptados para cada utente de forma a garantir que este critério seja cumprido.

De forma a alcançar bons resultados num programa de estabilização dinâmica para uma melhoria da cinemática escapular, a reabilitação deve ser centrada nas habilidades do utente e pode ser influenciada por estes estadios. Deste modo, inicialmente deve-se iniciar o programa de intervenção com uma fase de consciencialização onde o utente se vai consciencializando da posição neutra da escápulo-torácica, progredindo para a associação dessa posição com movimentos dinâmicos do úmero. Esta última, pode ser a fase mais demorada, sendo que depois de atingida, se pode progredir para a automatização da manutenção da posição neutra da escápulo-torácica com várias atividades funcionais. Atingidas estas fases o utente deve já manter a posição neutra da ET de forma automática, sem um grande esforço cognitivo e podendo estar atento a outros fatores do ambiente sem estar atento à realização da tarefa. Durante a aprendizagem motora deve-se restabelecer corretos padrões de movimento, uma vez que o treino num padrão de movimento incorreto apenas vai reforçar esse padrão (Magarey & e Jones, 2003). Além da realização de

simples exercícios de estabilização dinâmica, a realização das tarefas funcionais que o utente realiza no seu dia-a-dia (atividade desportiva, laboral ou de ocupação) é também benéfico na reabilitação, permitindo uma simulação controlada dessas tarefas (Myers, Wassinger, Lephart, 2006). A aprendizagem motora pode ser facilitada por estratégias de informação de retorno como o uso de estímulos tácteis, visuais e auditivo (Mottram *et al.*, 2009).

De uma forma resumida, Magarey & Jones, (2003) apresentaram uma abordagem de intervenção dinâmica para as DCAO, considerando várias estratégias para aumento da função no ombro. Estas estratégias foram de encontro às utilizadas no programa descrito no capítulo posterior a esta revisão. Inicialmente, cada região deve ser treinada isoladamente, sendo a coifa dos rotadores trabalhada numa posição estática da omoplata e vice-versa. Os músculos trabalham em co-contracção dentro dos seus pares de forças, como referido anteriormente na revisão da literatura, com contrações isométricas, inicialmente, e isotónicas de baixa carga, com um gradual aumento de carga e de amplitude. Uma vez estabelecida a estabilidade dinâmica, as posições nas quais o controlo motor é trabalhado, vão seguindo critérios de progressão como a amplitude de movimento, uma vez que quanto maior a amplitude de elevação do MS, maior a dificuldade em controlar a omoplata. O treino deve então iniciar nas posições onde o sujeito tem controlo da omoplata, mas o mais próximo da amplitude em que esse controle é possível de se perder. O treino isométrico e isotónico pode ser efetuado simultaneamente, desde que o utente esteja ciente das diferentes sensações associadas ao controlo e perda de controlo da omoplata. A fase de consciencialização em que o utente se apercebe da posição ideal da omoplata e compreende se consegue ou não controlar a omoplata num correto padrão de movimento pode demorar inicialmente, contudo é essencial para o sucesso do plano de intervenção (Magarey & Jones, 2003). Quando o controlo da ET é dominado, a carga pode ser aumentada cognitivamente pedindo ao paciente para manter o controlo da omoplata numa posição e pedir uma atividade noutra posição, ou seja, quando o controlo da omoplata é atingido numa situação isométrica (estável), pode ser encorajado a controlar a omoplata em atividades da vida diária como chegar com a mão a um copo. Quando estas tarefas são também atingidas, a carga, velocidade ou complexidade da tarefa pode ser aumentada. A progressão é realizada em determinado exercício quando o passo anterior é atingido.

Quanto mais vezes a tarefa é repetida e quanto mais variadas forem posições nas quais são repetidos, mais rapidamente o utente atinge o critério de progressão.

Após esta progressão de fases no treino do controlo motor, é necessária uma avaliação de forma a perceber os ganhos ao nível da função do utente para determinar a necessidade de mais uma progressão na reabilitação do doente. Em utentes que não pratiquem atividades desportivas, Magarey e Jones, (2003) sugerem que abordando as questões do controle de motor e ensinando as estratégias adequadas para que os sujeitos continuem a monitorizar e a estimular o controlo da omoplata são suficientes para um retorno à função normal. Em utentes com atividades do MS mais exigentes, pode ser necessário um fortalecimento geral do MS.

A utilização de informação de retorno (*feedback*), juntamente com a prática, é considerada uma variável com grande potencial na melhoria da reaprendizagem motora (Dijk, Jannink & Hermens, 2005). Estudos realizados com utentes com disfunções músculo-esqueléticas (síndrome da patelo-femoral ou dor lombar) têm demonstrado que o treino do movimento com *feedback* conduz à melhoria da performance motora e dos sintomas (Tsao & Hodges, 2007). O treino com *feedback* visual requer, no entanto, a capacidade de deteção de erros intrínsecos do paciente. Por outras palavras, os pacientes precisam gerar soluções motoras durante o treino não supervisionado para progredir na sua reabilitação, uma vez que uma simples repetição de um movimento alterado não é suficiente para promover uma adequada reorganização cortical (Roy *et al.*, 2009b). O tempo de treino é também necessário para alcançar a reorganização cortical (Roy *et al.*, 2009b; Schmid & Lee, 2005).

Quando alguém realiza uma tarefa, existem dois tipos gerais de *feedback*: *Feedback* intrínseco no qual é uma informação é sensorial e inerente à realização da tarefa (visual, auditivo e proprioceptivo). O *feedback* extrínseco (também chamado de “*augmented feedback*”), não é inerente à tarefa e é dado externamente à tarefa. Um exemplo deste *feedback* extrínseco é o *feedback* dado por um fisioterapeuta com o auxílio de um sistema de *biofeedback* (Dijk, Jannink & Hermens, 2005), como é pretendido neste estudo. Também os estímulos visuais como o espelho ou os estímulos auditivos e tácteis fornecidos pelo fisioterapeuta são considerados *feedback* extrínseco (Roy *et al.*, 2009b).

Roy e colaboradores (2009b) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos a curto-prazo do treino de movimento supervisionado com *feedback* extrínseco nas estratégias motoras de sujeitos com SCSA, avaliando a atividade muscular e o padrão cinemático. Foram dados por um fisioterapeuta três tipos de *feedback*: visual através de um espelho, manual, orientando o movimento da omoplata e verbal comentando a performance motora do sujeito e foram avaliados os resultados logo após a sessão de intervenção e 24h depois. Os autores concluíram que o treino com *feedback* trás benefícios essencialmente nos padrões cinemáticos e na dor na avaliação após sessão. Após 24h as melhorias no padrão cinemático voltaram aos valores de base, contudo os autores justificam este resultado pelo facto de a aprendizagem motora exigir tempo, sendo necessárias mais sessões de treino para promover mudanças permanentes nas estratégias motoras. Como referido anteriormente, o tempo de treino e a capacidade de deteção de erros intrínsecos do paciente, é importante na otimização da aprendizagem motora e, estes autores, valorizaram este aspeto ao dar uma sessão educativa pré-treino com um modelo anatómico do ombro e um espelho para observar a cinemática dos dois ombros e permitir aos sujeitos uma comparação visual dos movimentos a serem melhorados. Além disso, para permitir igualmente um envolvimento ativo nas atividades de processamento de informação, os sujeitos tinham de avaliar a sua própria performance antes do *feedback* verbal do fisioterapeuta.

O *Biofeedback* utiliza normalmente equipamentos eletrônicos para fornecer ao utente sinais auditivos e/ou sinais visuais relativos a processos fisiológicos internos (Tate & Milner, 2010). Diferentes formas de *feedback* têm assistido na prática clínica no restabelecimento de um apropriado controle motor e ajudando na correção da cinemática anormal após a lesão: *biofeedback* por eletromiografia, *feedback* cinético, *feedback* cinemático e conhecimento de resultados (pontuação dada ao sujeito como sendo uma representação do resultado do movimento) (Dijk, Jannink & Hermens, 2005; Henry & Teyhen, 2007; Tate & Milner, 2010). Através do *biofeedback*, o utente recebe informação acerca das suas respostas fisiológicas, complementando assim o *feedback* intrínseco inerente à realização da tarefa. Já o profissional de saúde recebe também informação relevante para dar instruções ao utente sobre a forma de modificar os padrões de movimento. Esta informação pode ser dada instantaneamente (tempo-real) ou após a realização da tarefa, e nos últimos tempos, com o desenvolvimento da

tecnologia, tem sido dado especial interesse ao *feedback* em tempo real (Tate & Milner, 2010).

A eletromiografia tem sido utilizada como fonte de *Biofeedback* de forma a reduzir a atividade do músculo TS e promover a atividade do TI e GD, e tem-se demonstrado efetiva quando associada a um programa de exercícios na melhoria da condição clínica de utentes com DCAO (Cools *et al.*, 2007; Gibson *et al.*, 2004; Rodrigues & Matias, 2009; Santos e Matias, 2007). Santos e Matias (2011), realizaram um estudo longitudinal retrospectivo com uma amostra de 82 sujeitos com DCAO, onde verificaram que uma intervenção baseada na estabilidade dinâmica com recurso a *biofeedback* electromiográfico é efetivo na abolição da dor e na melhoria da função. Embora este método seja o mais utilizado na prática clínica, torna-se pertinente a avaliação dos padrões de cinemática realizados pelos utentes, dada a importância do movimento da omoplata em relação ao tórax para o movimento normal do complexo articular do ombro. Tal como referido anteriormente, ao comparar a cinemática escapular e a atividade muscular durante a execução de um exercício, o nível de ativação muscular pode ser o esperado, contudo, a análise cinemática pode demonstrar que o exercício pode comprometer o espaço subacromial. A utilização de tape, como *feedback* para facilitar o controlo da omoplata (Mottram, 1997), tem sido utilizado por se acreditar que influencia não só a componente muscular, mas oferece também um estímulo sensorial proprioceptivo constante que é conduzido ao SNC e que leva o sujeito a corrigir automaticamente a postura sempre que sente um tração do tape na pele (*biofeedback*) (Morrisey, 2000). A cinemática tridimensional tem emergido nos últimos anos e pode ser também utilizada como fonte de *biofeedback*, dado que ser um método válido para deteção do movimento da omoplata (Karduna *et al.*, 2001) que pode fornecer, em tempo-real, informação da performance do utente na realização da tarefa. Ribeiro e Matias, (2012), desenvolveram um estudo experimental prospetivo, cujo objetivo foi determinar a efetividade do *biofeedback* cinemático tridimensional em tempo real, como informação de retorno extrínseca, no reconhecimento da zona neutra da omoplata, em indivíduos saudáveis. Pretenderam medir o desempenho temporal, através do tempo que os sujeitos demoram a atingir a posição pretendida, e o desempenho no percurso, através da diferença entre o percurso efetuado e aquele que seria o percurso mais curto, sem *feedback*, com *feedback* clínico (verbal e palpatório) e com *feedback* cinemático. Concluíram no seu estudo que, na tarefa de reconhecimento

da zona neutra da omoplata, o *biofeedback* cinemático é mais efetivo na facilitação da obtenção de melhor qualidade de execução da tarefa do que o *feedback* clínico ou a inexistência de *feedback* e igualmente efetivo quando comparado com a inexistência de *feedback* no que respeita ao tempo demorado a reconhecer essa posição. Também Antunes e colaboradores (2014) e Cordeiro e Matias (2013), realizaram um estudo com o objetivo avaliar a efetividade do *biofeedback* cinemático 3D durante a realização de exercícios focados na omoplata com base nos estadios propostos no processo de reaprendizagem motora ombro. Estes autores demonstraram ser uma ferramenta efetiva para aumentar a qualidade da execução dos exercícios durante duas fases do processo de reaprendizagem motora (cognitiva e associativa) e concluíram que os indivíduos que tiveram acesso ao *biofeedback* cinemático obtiveram melhorias ao nível do controlo de movimento 3D da ET durante as várias tarefas analisadas. Concluíram, que esta ferramenta pode ajudar os indivíduos a alcançar metas na reabilitação com base na reaprendizagem motora e melhorar o processo de tomada de decisão na prática clínica ao quantificar o desempenho do movimento humano.

Com a análise destes estudos, o *biofeedback* cinemático parece então ser uma ferramenta efetiva e facilitadora do processo de reaprendizagem motora, podendo então facilitar e acelerar o processo de reabilitação dos utentes com DCAO.

2.7. Métodos de análise cinemática no CAO

A medição da cinemática do ombro durante o movimento da omoplata parece uma ferramenta importante no tratamento das disfunções encontradas na prática clínica, e além disso tem contribuído o diagnóstico, para a melhoria da performance desportiva e para a prevenção da lesão. A análise 3D do movimento do membro superior é vista como uma articulação virtual tóraco-umeral e a escápulo-torácica e a Gleno-umeral não são consideradas individualmente. Por se ter vindo a verificar que em utentes assintomáticos durante o movimento de elevação do MS, existe um movimento da escápula relativamente ao tórax diferente do movimento encontrado em utentes com DCAO (Lempereur, Brochard, Leboeuf, Rémy-Néris, 2014), a análise da cinemática do ombro tem despertado cada vez mais interesse para a prática clínica.

Vários métodos têm sido utilizados para analisar os movimentos escápulo-torácicos durante a elevação do MS podendo estes dividir-se em: métodos

bidimensionais estáticos, métodos bidimensionais dinâmicos, métodos tridimensionais estáticos e métodos tridimensionais dinâmicos (Faria, Penido & Teixeira-Salmela, 2007).

Relativamente aos métodos bidimensionais estáticos tem sido usada a fita métrica (T'Jonck, Lysens & Grasse, 1996), a goniometria (Doody, Freedman & Waterland, 1970), a radiografia digitalizada (Endo, Ikata, Katoh & Takeda, 2001), um inclinómetro digital para obter medidas bidimensionais do movimento de rotação superior da omoplata (Johnson, McClure, & Karduna, 2001), técnicas de fluoroscopia digital (Mandalidis, Glone, Quigley, McInerney, & O'Brien, 1999) e um método de filmagem de marcas ósseas. Neste último, a cada posição, foram cuidadosamente localizadas as referências anatómicas, marcadas e filmadas. A análise do filme é realizada pela digitalização das imagens num analisador de movimentos seguida do processamento dos dados num programa de computador (Bagg & Forrest, 1988).

Os métodos bidimensionais dinâmicos consistem na aplicação de fluoroscopia, exibida e gravada em vídeo em tempo real, durante o movimento de elevação completa do MS (Talkhani & Cormac, 2001). Já Michiels & Grevenstein (1995) utilizaram outro método através de uma sequência de raios-x do complexo do ombro, obtida durante o movimento de elevação, associada a um sistema de processamento e digitalização da imagem em tempo real. Ambos os métodos tinham como desvantagem a emissão de radiação (Faria, Penido & Teixeira-Salmela, 2007).

Relativamente aos métodos tridimensionais estáticos, todos utilizam imagens digitalizadas das referências anatómicas. Alguns estudos utilizam um sistema digitalizador eletromecânico tridimensional, computadorizado. As várias etapas para a recolha de dados são: estabelecimento do sistema de referência global, palpação e digitalização das referências anatómicas seleccionadas nos momentos de interesse. Os dados são gravados num computador para posterior determinação dos ângulos em três dimensões (Ludewig *et al.*, 1996; Lukasiewicz, McClure, Michener, Pratt, & Sennett, 1999). Outros estudos utilizam tecnologia eletromagnética para capturar movimentos da omoplata em três dimensões durante posições mantidas. Através de sensores captados num campo eletromagnético emitido por um transmissor, as suas coordenadas tridimensionais são calculadas por um programa computadorizado. A recolha de dados compreende a definição das referências ósseas necessárias, o posicionamento dos sensores sob o ponto anatómico para calibração de um sistema de coordenadas locais e a

recolha dos dados na posição desejada. Vermeulen e colaboradores (2002) utilizaram sistema eletromagnético *Flock of Birds* e na recolha de dados colocaram 3 sensores para medir as rotações do tórax, úmero e omoplata. O sensor da omoplata foi montado sobre um dispositivo de 3 hastes (*scapula locator*) com duas vigas ajustáveis para localizar as posições do ângulo acromial, ângulo inferior e raiz da espinha. Uma vez montada a escápula do indivíduo, as hastes foram fixadas numa construção rígida triangular. Por fim, Hébert, Moffet, McFadyen e St-Vincent (2000), no seu estudo utilizaram imagens digitalizadas e processadas em computador de pontos anatómicos específicos, nos quais foram posicionados marcadores infravermelhos.

Os métodos por análise tridimensional dinâmica são os únicos capazes de fornecer informação em três dimensões dos movimentos escapulares durante um movimento do MS. Isto torna-se particularmente importante uma vez que, em condições mantidas estaticamente, que podem ocorrer durante atividades funcionais realizadas com o ombro em posições estáticas, não representam um padrão de movimento funcional contínuo, e, portanto, os resultados de avaliações estáticas não podem ser generalizadas para atividades dinâmicas, apesar de alguns autores afirmarem que, em determinadas situações, como na elevação do MS sem carga, inferências podem ser feitas, sem grandes problemas, sobre padrões dinâmicos a partir de avaliações estáticas (Lukasiewicz *et al.*, 1999; Moffet, McFadyen & Dionne, 2002). No método de análise tridimensional dinâmica, alguns autores utilizam sistemas de vídeo. Aqui, os marcadores são fixados nas principais articulações do indivíduo, que se destacam através do seu contraste de cor, e são utilizadas câmaras de vídeo, colocadas num só plano (estudos bidimensionais) ou em diversos planos (estudo tridimensional), para registar o movimento desses marcadores. Considerando que cada câmara apenas regista o que está no seu campo de visão, são necessárias múltiplas câmaras para capturar os movimentos, aumentando o número com a complexidade do movimento. Estes sistemas óticos têm um custo mais elevado que os demais sistemas devido à alta tecnologia utilizada no processo. As câmaras são de alta resolução e alta velocidade e os programas de análise de dados são complexos tornando o seu desenvolvimento muito caro. As desvantagens não residem apenas no seu elevado custo, mas também exige um ambiente de laboratório limpo para evitar oclusões que bloqueiem a linha de visão em relação a um marcador específico, ou reflexões, que geram marcadores inexistentes. Além disso, devido à sua topologia intrínseca a sua utilização é limitada a um ambiente fechado.

Os sistemas com tecnologia eletromagnética são uma alternativa aos descritos anteriormente devido à sua precisão e pela ausência de oclusões do marcador uma vez que o sinal eletromagnético é sempre "visto" pelo recetor dentro de uma curta distância. Um dos sistemas eletromagnéticos utilizado é o *Flock of Birds*®, descrito anteriormente, mas acrescido de sensores (recetores), com seis graus de liberdade, capazes de fazer uma captura instantânea da posição e orientação do movimento, em três dimensões, a partir de sinais eletromagnéticos emitidos por um transmissor (Borstad & Ludewig, 2005). É importante ter em conta que podem ocorrer distorções do campo eletromagnético que condicionam as medições e que a sua precisão é dependente da calibração realizada inicialmente, podendo erros sistemáticos associados a esse processo (Meskers, Fraterman, van der Helm, Vermeulen & Rozing, 1999). Também os artefactos dos tecidos moles pelo significativo movimento subcutâneo independente da omoplata, constitui uma desvantagem, assim como o facto de estes sistemas exigirem que os sujeitos permaneçam perto do recetor, limitando o número de segmentos a medir em simultâneo (Janes, Brown, Essenberg, & Engsborg, 2012).

Existe ainda uma terceira técnica não invasiva onde, que assim como os sistemas eletromagnéticos, não existe a desvantagem de oclusão dos marcadores. Utiliza um sistema de medição de plataformas de inércia que utiliza um sensor fixado na pele sobre a espinha da omoplata (Parel *et al.*, 2012). As unidades de medição inercial (*UMI*) são baseadas no uso e combinação de diferentes tecnologias de sensores de inércia, incluindo acelerómetros, giroscópios e magnetómetros, para fornecer uma estimativa precisa da velocidade e orientação em relação a uma estrutura fixa de referência e inclui ainda um sensor de temperatura. Com esta tecnologia, as *UMI* são capazes de estimar com precisão e em tempo real, a sua própria orientação em relação a um quadro de referência fixo formado pela gravidade e por vetores do norte magnético da Terra (Pérez *et al.*, 2010). Dados os sensores serem leves e compactos, torna-se também numa escolha interessante e portátil para a avaliação do movimento.

A localização da omoplata durante a função dinâmica da omoplata tem sido particularmente difícil de obter, especialmente quando são usados sensores de superfície devido à forma ampla e plana da omoplata, aos tecidos moles que a envolvem e ao movimento subcutâneo. Atualmente a técnica considerada como das melhores é a colocação de pinos na referência óssea da omoplata, removendo todos os inconvenientes dos artefactos dos tecidos moles (Karduna *et al.*, 2001; Parel *et al.*, 2012). Contudo, este

método é bastante invasivo e como tal, tem pouca aplicabilidade na prática clínica. Além disso, a inserção de pinos ósseos, pode introduzir artefactos na observação do movimento devido a anestesia local ou interferência com estruturas músculo-esqueléticas. Em alguns casos, estes artefactos podem levar mesmo a uma interpretação incorreta do movimento (Munderman, Corazza, Andriacchi, 2006). Em reabilitação é importante escolher um método que seja minimamente invasivo, que não provoque dor e que permita uma análise do padrão de movimento o mais natural possível. Existem abordagens não-invasivas utilizadas para rastrear a omoplata: técnicas como a palpação, o *scapula locator*, o inclinómetro, sensor no acrómio ou o *acromion marker cluster*.

O método que utiliza o *scapula locator*, apesar de ser clinicamente aceitável, acarreta sempre um pequeno erro uma vez que a sua reposição exata é impossível. Além disso requer uma posição estática para a recolha dos dados. (van Andel, Hutten, Eversdijk, Veeger & Harlaar, 2009). O inclinómetro, é um instrumento de mão de medição bidimensional, utilizado para medir a inclinação de segmentos com referência ao plano horizontal, também muito utilizado na prática clínica. Apesar de Johnson, e colaboradores (2001), terem verificado a validade de um inclinómetro digital, comparando este dispositivo com um método tridimensional, os resultados apenas se restringem à rotação superior da omoplata. As técnicas para medir a cinemática do ombro *in vivo* baseadas em sensores subcutâneos têm sido as mais estudadas e mais utilizadas, apesar das imprecisões devido à colocação e aos artefactos dos tecidos moles. O grau de erro tem sido investigado e concluiu-se que a média de erro é menor que 5° (média de erro- *root-mean-square*) na elevação do MS, quando comparado com a colocação de pinos ósseos (Karduna *et al.*, 2001; Ludewig, Cook & Shields, 2002). Além disso, estas imprecisões diminuem quando o marcador é colocado sobre o acrómio (deslocamento de sensores sobre a referência anatómica de 38.5mm), ao invés de colocar sobre a raiz da espinha (deslocamento de 86,8mm), ou no meio desses dois pontos (deslocamento de 63.2mm) (Matsui, Shimada e Andrew, 2006). Isto é justificável pelo facto de o processo acrómio ser relativamente superficial e se mover em estreita colaboração com a pele, proporcionando um local para rastreamento da omoplata preciso. O método do acrómio utilizado para estimar o movimento escapular tem sido utilizado através de *cluster* (aglomerado de marcadores) no acrómio ou através de um sensor eletromagnético que é colocado sobre a parte plana do acrómio seguido da digitalização de referências ósseas para transformar coordenadas a partir do sensor do

acrômio num sistema de coordenadas da omoplata (Lempereur *et al.*, 2014). Durante o movimento de flexão do MS, este método associado a uma calibração simples, foi preciso em 5° (média entre rotações), na abdução a precisão foi menor, acima de 7° e por fim, na elevação no plano da omoplata foi preciso em 6° em qualquer eixo de rotação medido. Apesar da baixa média no erro na flexão e abdução, alguns estudos demonstraram que a precisão é menor quando o método é aplicado acima dos 90° de elevação do MS, mantendo-se contudo com bons resultados de fidedignidade até aos 120° (Shaheen, Alexander & Bull, 2011). Quando se analisa um movimento acima desta amplitude, o erro aumenta substancialmente (aproximadamente 25°), sendo isto uma forte limitação ao método, podendo estar relacionado com a atividade muscular do deltóide ao criar movimento da pele, aumentando os artefactos dos tecidos moles. O erro é particularmente grande ao nível da protração (eixo dos y). Shaheen e colaboradores (2011) propõem que o posicionamento do sensor na parte plana do acrômio também influencia a precisão sendo o ponto de encontro entre a espinha da omoplata e o acrômio o local menos afetado pelos tecidos moles (ao invés de colocar perto da borda anterior, ou logo acima do ângulo acromial). Não existe ainda consenso acerca do peso, dimensão ou do *design* dos sensores propriamente ditos.

Relativamente à calibração simples, a fidedignidade intra-sessão tem sido demonstrada como boa a excelente com um Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) >0,90 (Brochard, Lempereur & Rémy-Néris, 2011), e a fidedignidade entre sessões tem sido demonstrada como moderada a excelente apresentando valores de CCI entre 0,56 a 0,92 (Brochard *et al.*, 2011). Uma dupla ou múltipla calibração pode reduzir o erro até 50% em comparação com uma simples calibração, especialmente em graus mais elevados de elevação do MS, contudo esta técnica exige um maior dispêndio de tempo para a calibração do sujeito e potenciais erros gerados por múltiplas palpações das referências ósseas. Mais estudos são necessários para chegar a uma conclusão acerca do número de calibrações e o nível de erro (Lempereur, Brochard, Lebouef e Rémy-Néris, 2014).

De forma a uniformizar a análise da cinemática do ombro e comparação de resultados entre vários estudos, a *International Society of Biomechanics* (ISB) publicou ainda recomendações para a definição do sistema de coordenadas articular e de sequências de rotação para o MS incluindo a omoplata (Wu *et al.*, 2005). É então recomendado o uso do Ângulo Acromial (AA), ângulo inferior (AI) e Raiz da espinha

(RE) para a definição do sistema de coordenadas da omoplata e a sequência de Euler YXZ para o cálculo dos ângulos articulares. Para o programa de exercícios proposto neste estudo, pretende-se então a utilização de cinemática tridimensional como fonte de *biofeedback*, de forma a facilitar o processo de reaprendizagem motora. Os processos de recolha de dados cinemáticos são descritos no programa em si e seguem as recomendações da ISB. A intervenção segue os princípios da estabilidade dinâmica e reaprendizagem motora, dando especial ênfase nos exercícios que visam mover a omoplata para rotação superior, retração e báscula posterior (Ludewig & Braman, 2011), para a melhoria do padrão de movimento da ET nos movimentos do MS e, conseqüentemente, para a melhoria da condição clínica de utentes com DCAO.

3. METODOLOGIA

3.1. Objetivo do estudo

O objectivo do presente estudo foi contribuir para o desenvolvimento de um programa de exercícios escápulo-torácicos para utentes com disfunções no complexo articular do ombro, seguindo os princípios de reaprendizagem motora e recorrendo à cinemática tridimensional como informação de retorno.

3.2. Tipo de estudo

Este estudo enquadra-se numa das linhas de investigação do Departamento de Fisioterapia da ESS-IPS e centrou-se no desenvolvimento de um programa de exercícios escápulo-torácicos para a intervenção em fisioterapia em utentes com disfunções no complexo articular do ombro, com auxílio de biofeedback cinemático. Foi então desenvolvido um estudo de natureza metodológica, que, segundo Contandriopoulos, Champagne, Potvin, Denis e Boyle, (1994), é considerado uma boa estratégia que utiliza, de maneira sistemática, os conhecimentos existentes para elaboração de uma nova intervenção, para uma melhoria significativa de uma intervenção existente, ou ainda, para elaborar ou melhorar um instrumento, um dispositivo ou um método de mediação.

Para a boa consecução do objectivo do presente estudo e enquadrado na sua natureza metodológica, definiu-se como metas:

- 1) Análise crítica da efetividade de programas/intervenções dirigidas a utentes com DCAO;
- 2) Descrição dos modelos e teorias de controlo motor e reaprendizagem motora, e de disfunções do movimento, nos quais a fisioterapia se pode alicerçar para estruturar um programa de intervenção dirigido a utentes com DCAO;
- 3) Análise crítica de ferramentas relacionadas com movimento humano para informação de retorno e do seu enquadramento no processo de reabilitação de utentes com DCAO;
- 4) Desenhar e descrever detalhadamente um programa de exercícios escápulo-torácicos para utentes com DCAO que espelhe o resultado dos três pontos anteriores.

3.3. Procedimentos

De acordo com o *Medical Research Council (2008)*, as intervenções para melhoria do estado de saúde são complexas, consistem na interação de vários componentes que interagem entre si, podem ser adaptadas, e exigem comportamentos qualificados da parte de quem as aplica assim como dos destinatários. A intervenção deve ser desenvolvida, testada quanto à sua viabilidade, avaliada e implementada, sendo este um processo demorado. Todas as etapas são importantes e, neste estudo, desenvolveu-se o primeiro desses passos, sendo apresentados um enquadramento e a descrição do processo, aprofundando-se os procedimentos que estão intrinsecamente ligados à fase de desenvolvimento apresentada do presente estudo.

O desenvolvimento da intervenção envolveu então 4 fases interligadas de acordo com as metas estabelecidas: análise crítica da efetividade ao nível da dor e da função de programas/intervenções dirigidas a utentes com DCAO de forma a identificar a evidência base que permitisse o desenho do programa de exercícios; identificação e descrição dos modelos e teorias de controlo motor e reaprendizagem motora, e de disfunções do movimento, de forma a fundamentar e estruturar um programa de intervenção dirigido a utentes com DCAO; identificação e análise crítica de ferramentas relacionadas com movimento humano e direcionadas para informação de retorno e do seu enquadramento no processo de reabilitação de utentes com DCAO; Por fim, com base nas fases anteriores, desenhou-se e descreveu-se detalhadamente um programa de exercícios escápulo-torácicos para utentes com DCAO.

Tendo em conta o objetivo e natureza metodológica do presente estudo, e de forma a corresponder às metas estabelecidas anteriormente, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica, efetuada em bases de dados distintas de forma a abranger o máximo de evidência disponível (Pubmed, Cochrane Central e *Physiotherapy Evidence Database (PEDro)*) e com o intuito de obter-se estudos publicados sobre a intervenção em fisioterapia nas disfunções do complexo articular do ombro. A pesquisa foi conduzida eletronicamente e iniciada a 11 de Outubro de 2012, De forma a garantir uma pesquisa suficientemente específica e sensível, foram utilizados operadores booleanos (AND ou OR) com o objetivo de melhor direcionar a recolha da evidência face ao objetivo estabelecido. As palavras chave utilizadas nas várias base de dados consistiram em: “*shoulder*”, “*scapula*”, “*shoulder dysfunction*”, “*pain*”, “*function*”, “*movement assesment*”, “*shoulder management*”, “*physical therapy*”, “*physiotherapy*”,

“*exercise therapy*”, “*motor relearning*”, “*motor control*”, “*scapulothoracic stability*”, “*biofeedback*” e “*kinematic*”.

A pesquisa focou-se em estudos publicados integralmente e em língua inglesa entre (2003-2014), e foram aplicados filtros para a procura de revisões sistemáticas com ou sem meta-análise, que investigassem a implementação de programas de intervenção em fisioterapia em utentes com DCAO no sentido de reunir e sintetizar a melhor informação segundo um conceito de hierarquia de evidência com base na prática baseada na evidência. Além destas, foram ainda analisados os resultados de ensaios controlados aleatórios (*Randomized Controlled Trials - RCT's*) e ensaios clínicos controlados que investigassem a implementação de programas de intervenção em fisioterapia, através da comparação com um grupo de controlo. Estes estudos foram analisados criticamente de forma a perceber qual a evidência acerca da intervenção em fisioterapia na reabilitação de utentes com DCAO e qual a sua efetividade ao nível da dor e da função. Foram também analisadas as referências bibliográficas dos mesmos de forma a encontrar novos estudos e abranger a pesquisa.

Numa primeira fase foram então analisados vários estudos de forma a identificar e compreender quais as intervenções em fisioterapia mais utilizadas e mais efectivas ao nível da reabilitação de utentes com DCAO. Na fase 2, com base na evidência, tentou-se compreender os conceitos base que estão por trás das intervenções mais efetivas de forma a encontrar fundamentos teóricos apropriados que contribuíssem para a tomada de decisão no momento do desenho do programa de exercícios em fisioterapia deste estudo. Tentou-se então perceber quais os melhores exercícios e as melhores estratégias utilizadas segundo os modelos e teorias encontrados, para responder às exigências de cada fase de intervenção e aos problemas dos sujeitos possuidores de disfunção, para posteriormente se desenvolver o programa de exercícios e se descrever os resultados que são esperados após a sua implementação. Foram identificadas várias estratégias facilitadoras do processo de intervenção, mais especificamente ao nível da informação de retorno, sendo que numa terceira fase, a pesquisa focou-se na compreensão acerca da utilidade, validade e efetividade da utilização das mesmas.

Na fase 4, através da integração dos resultados da fase 1, 2 e 3, foi idealizado, desenhado e descrito um programa de exercícios escápulo-torácicos direcionados para utentes com DCAO. Após esta quarta fase, surgiu ainda necessidade de começar a pensar na implementação do estudo, em si, para perceber como seria utilizado o

instrumento como informação de retorno durante a realização do programa de exercícios descrito anteriormente. Foram então realizados treinos de competências (Apêndice A) com o objetivo de familiarizar a investigadora com processos inerentes à utilização da cinemática 3D e com o instrumento utilizado como fonte de *biofeedback*. Foram abordadas as funcionalidades já existentes do instrumento e os processos de recolha de forma a poder integrar no programa de exercícios, os processos essenciais nos quais, este instrumento, pudesse ser utilizado como informação de retorno. Este treino de competências permitiu ainda actualizar o programa de exercícios dado que se percebeu que os exercícios em decúbito dorsal, poderiam sofrer alteração dos dados cinemáticos devido a um dos sensores ser colocado ao nível processo espinhoso da sétima vértebra cervical (C7), que, ao entrar em contacto com a marquesa, pode sofrer desvios significativos e alterar resultados. Como produto final, foi então definido um programa de exercícios escapulo-torácicos utilizando estratégias relevantes para a boa prática, que inclui a intervenção em si e os vários componentes específicos da mesma: exercícios, parâmetros de progressão e de reavaliação.

3.4 Implementação do programa de exercícios e instrumentação

3.4.1. Instrumento

A reconstrução cinemática 3D, utilizada como fonte de *Biofeedback* do movimento da omoplata, durante a realização dos exercícios, é realizada através de um instrumento que integra uma componente de *hardware Ascension "Flock of Birds" & trakStar* e uma componente de *software The MotionMonitor Toolbox Edition* (Innovative Sports Training, Chicago, IL, USA). Este sistema de varrimento eletromagnético é acrescido de sensores (*miniBird*®), e fornece a recolha de dados do tórax, omoplata e úmero do sujeito, seis graus de liberdade, sendo um método válido para identificar as anomalias no movimento da omoplata associadas às DCAO (Karduna *et al.*, 2001).

O sistema com tecnologia eletromagnética é um método preciso na recolha de dados cinemáticos ao nível do CAO (Brochard *et al.*, 2011; Roren *et al.*, 2013) e não apresenta contra-indicações quando utilizado através de sensores sobre a pele (Roren *et al.*, 2013). A utilização destes sensores, torna este sistema não-invasivo e confortável para o utente permitindo assim uma normal reprodução do movimento. É ainda rápido de aplicar (Roren *et al.*, 2013), e, como tal, de fácil aplicabilidade clínica, o que se

traduz numa vantagem face ao objetivo pretendido. Como referido anteriormente na revisão, o grau de erro associado a estes sensores, quando comparado com a colocação de pinos ósseos, é relativamente baixo (média de erro inferior a 5°), especialmente até aos 120° de elevação do úmero (Karduna *et al.*, 2001; Ludewig *et al.*, 2002).

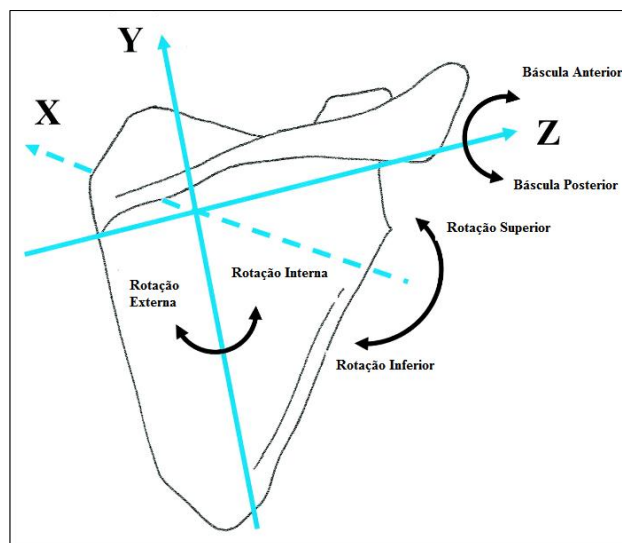
3.4.2. Procedimentos para recolha de dados cinemáticos

Os procedimentos sugeridos para a recolha de dados cinemáticos durante a aplicação do programa de exercícios, seguem o protocolo do ISB para recolha de dados cinemáticos no ombro (Wu *et al.*, 2005). Na recolha de dados da omoplata é utilizado o método do acrómio, que através de um sensor eletromagnético fixado sobre a pele do sujeito, recolhe dados referentes aos movimentos de rotação superior/inferior, rotação interna/externa e báscula anterior/posterior de acordo com a sequência de Euler (Y–X–Z) (Wu *et al.*, 2005). Esta proposta de sequência foi também estudada por Karduna, McClure e Michener (2000), que aconselham a sua utilização concluindo que a sua alteração se traduz em alterações significativas na descrição do movimento.

A frequência de captação dos dados encontra-se já definida, por defeito, no *software* em 100 Hz. Para a recolha de dados, são ligados três recetores (sensores) sobre a pele do sujeito, com auxílio de tape, ao nível do processo espinhoso de C7 (sensor 2), na parte plana do acrómio (entre a espinha da omoplata e o acrómio por ser o local menos afetado pelos tecidos moles (Shaheen *et al.*, 2011) (sensor 3) e na região lateral externa do úmero (sensor 4). O tape é usado para fixar os vários sensores, e além disso, é colocado sobre os cabos dos sensores de forma a diminuir os movimentos dos artefactos dos tecidos moles. Um quarto sensor (*stylus*- sensor 1) é utilizado para digitalizar referências ósseas de forma a desenvolver um sistema local de coordenadas para cada segmento, seguindo o protocolo padronizado para a recolha do movimento do CAO recomendado pela *International Society of Biomechanics* (Veeger, van der Helm, Chadwick, & Magermans, 2003; Wu *et al.*, 2005). As marcas ósseas digitalizadas pelo *stylus* para o tórax são o processo espinhoso de C7, T12/L1 e para a omoplata são o acrómio, raiz da espinha e ângulo inferior. Por fim, as marcas ósseas digitalizadas pelo *stylus* para o úmero são o epicôndilo, a epitróclea e o centro da cabeça umeral que é determinado por um método de rotação (Veeger, 2000). Após a digitalização das referências ósseas, o sistema de coordenadas local é então construído, encontrando-se o sujeito na posição ortostática de frente para o transmissor. O sistema de coordenadas

para cada segmento é vertical (eixo dos y), anterior (eixo dos x) e horizontal para a direita (eixo dos z). A orientação da omoplata é determinada pela rotação em torno do eixo dos y (rotação interna/ externa), pela rotação em torno do eixo dos x (rotação superior/inferior) e pela rotação em torno dos z (báscula anterior/ posterior) (Fig. 1) e o movimento é então calculado pela comparação da posição do sistema de coordenadas local (do segmento ósseo) face ao sistema de coordenadas global (sistema de coordenadas do laboratório a partir do qual todas as posições são calculadas). As sequências de Euler utilizadas para descrever o movimento escapular e umeral relativamente ao tórax são: movimento escápulo-torácico ($Y-X-Z$) e movimento úmero-torácico ($X-Z-Y$), dado serem apontadas como mais apropriadas para descrever o movimento de elevação do MS e de algumas atividades funcionais (Phadke, Braman, LaPrade & Ludewig, 2011).

Figura 1: Movimento tridimensional normal da omoplata (adaptado de Borstad, 2006)



Desvios de quatro milímetros na identificação das referências anatómicas, durante o processo de digitalização, podem ter uma repercussão de aumento da variabilidade de movimento umeral entre $7,3^\circ$ e $15,8$, e nos ângulos do movimento escapular de $12,3^\circ$ (rotação Sup/inf), $11,7^\circ$ (báscula) e $16,8^\circ$ (protração) (Langenderfer, Rullkoetter, Mell & Lazz, 2009). Deste modo, para minimizar este erro, propõe-se que o fisioterapeuta adquira experiência na identificação de eminências ósseas, tendo o cuidado de definir e registar o local exato para, em sessões seguintes, colocar o sensor

exatamente na mesma posição. No caso de estudos de investigação, propõe-se um treino de competências. Os vários passos para a recolha de dados do sujeito estão representados num protocolo de procedimentos para recolha de dados cinemáticos do ombro com o *software The Motion Monitor Toolbox Edition*, realizado para facilitar o utilizador no uso do instrumento (Apêndice B).

3.4.3. Procedimentos para utilização da cinemática 3D como informação de retorno

A captura instantânea da posição e orientação do movimento, em três dimensões, a partir de sinais eletromagnéticos emitidos pelo transmissor, torna perceptível ao utente, através de imagens em tempo real, a informação biomecânica do movimento da sua omoplata durante a realização de atividades com o MS. O instrumento anteriormente descrito, suporta a função de *biofeedback* que, através de dados cinemáticos recolhidos, fornece ao utente informação de retorno (*biofeedback*) importante para que encontre a melhor estratégia para a auto-correção da posição ideal da ET e controlo do movimento. Alguns autores demonstraram que o *biofeedback* cinemático tridimensional é uma ferramenta efetiva no reconhecimento da zona neutra quando comparada com o *feedback* clínico ou a inexistência de *feedback*, além de aumentar a qualidade da execução dos exercícios (Ribeiro & Matias, 2012; Antunes *et al.*, 2014).

O *software* transforma, em tempo-real, a informação cinemática recolhida, numa imagem tridimensional do úmero, tórax e omoplata, com o objetivo de, através de diferentes estratégias visuais e auditivas, dar ao sujeito informação de retorno, facilitando-o na compreensão do movimento necessário para estabilizar a omoplata na ZN. O *feedback* pode ser dado segundo um conceito de conhecimento do processo, onde lhe é dado o *feedback* em tempo real ou segundo um conceito de conhecimento de resultados, sendo apenas dado o *feedback* no final da realização da tarefa de forma a ser confrontado com os resultados da sua actividade (reduzido *feedback*).

A informação de retorno é dada segundo uma noção de erro baseado na diferença entre as distâncias das coordenadas esperadas (posição da omoplata desejada durante a actividade) e medidas (posição da omoplata assumida pelo utente na realização da actividade) (RMSE: *root-mean-square error*). As estratégias podem ser seleccionadas podendo o utilizador optar por estratégias visuais e/ou auditivas:

Feedback Visual: O feedback é dado através de um “modelo virtual cinemático” que consiste na reconstrução do tórax, omoplata e úmero. A imagem da omoplata move-se em tempo-real de acordo com o movimento ET do utente e muda a tonalidade de vermelho para verde (ou branco) sempre que consegue estabilizar a sua omoplata na ZN (figura 2).

Auditivo: O software permite que seja dado um feedback auditivo que consiste num sinal sonoro sempre que o utente consegue controlar a ZN da ET. O utilizador pode optar por utilizar este estímulo, por exemplo como progressão para reduzir o feedback dado ao utente, retirando-lhe o estímulo visual. Ao não ter uma imagem do movimento da omoplata é mais difícil para o utente encontrar estratégias para corrigir a posição da ET.

Figura 2: Exemplo de feedback visual em tempo real de um exercício atingido com grau de erro 0° (exercício testado modelo esqueleto anatómico)



Os passos a seguir para utilização de *biofeedback* diferem ligeiramente entre a primeira fase de intervenção (fase de consciencialização) e as restantes fases (associativa e autónoma).

Fase de consciencialização:

Numa fase inicial, os exercícios iniciam-se com o reconhecimento da zona neutra do sujeito e o fisioterapeuta deve dar ao utente informação acerca do conceito de ZN e de como assumir a posição neutra escápulo-torácica, acompanhando o movimento com comando verbal e táctil (Mottram *et al.*, 2009). Esta atividade de colocação da ET na PN é gravada no *software* e é usada posteriormente, como uma posição alvo de treino. Seguidamente, é então iniciada a realização dos vários exercícios. Durante a sua

realização, é proposto ao utente que estabilize a sua omoplata na PN através da contração dos músculos estabilizadores, observando a imagem 3D dada pelo computador. Ao conseguir assumir a PN da ET, a imagem fornecida pelo computador assume uma tonalidade verde, indicando que a atividade está a ser realizada com sucesso. Se a tonalidade passar a vermelho, indica que o utente não está a ser capaz de assumir a PN escápulo-torácica. Os exercícios são realizados mantendo a omoplata numa tonalidade verde e permite ao utente, em tempo-real, avaliar a sua performance durante a realização da tarefa e encontrar estratégias para autocorrigir a sua ET (Informação de retorno do processo).

Fase Associativa e Autónoma:

Nestas duas fases, o procedimento inicial também consiste na gravação da atividade que servirá de referência para o exercício. Por exemplo, numa atividade de elevação da GU, é pedido ao utente que estabilize a omoplata na ZN e mantendo essa posição, que eleve o MS e regresse à posição inicial. Para gravar esta atividade, o fisioterapeuta certifica-se que a atividade está a ser realizada de forma correta e que o utente é capaz de controlar a ET na sua ZN. Durante a realização do exercício em si, o utente tem acesso, como informação de retorno, à imagem em tempo real, do movimento da sua omoplata (que surge numa tonalidade branca) e acesso ao movimento de uma omoplata azul (que corresponde ao movimento previamente gravado com auxílio do fisioterapeuta). O utente deve tentar acompanhar o movimento da omoplata azul. Considera-se que o exercício está a ser realizado com sucesso se o sujeito conseguir acompanhar o movimento da omoplata azul. Caso não consiga acompanhar esse movimento, a omoplata branca ganha uma tonalidade vermelha.

Numa fase autónoma, pode ser dado apenas informação de retorno de resultados, ou seja, é apenas fornecido feedback no final da tarefa: através da visualização da repetição do vídeo gravado durante a realização do exercício. Este conhecimento de resultados é dado de forma a facilitar a aprendizagem motora através da confrontação com o seu desempenho. Numa fase final, o sujeito deve ser capaz de realizar corretamente a tarefa sem qualquer tipo de feedback.

Os sujeitos devem ter 2 minutos de repouso entre cada exercício de forma a prevenir a fadiga (Crow, Pizzari & Buttifant, 2011).

3.5. Aspectos Éticos

Tendo em conta que o programa de exercícios é direcionado para seres humanos, é importante não esquecer que uma investigação pode, por vezes causar danos aos direitos e liberdades da pessoa, levantando questões éticas e morais. Deste modo, durante a realização deste projeto, foram tomadas em conta determinadas questões, sem esquecer os direitos fundamentais determinados pelos códigos de ética aplicáveis aos seres humanos descritos por Fortin, (2000). Nesta fase de desenvolvimento do estudo, não havendo ainda a implementação do programa em si, teve-se especialmente em conta o direito à proteção contra o desconforto e o prejuízo. Para uma investigação que envolva seres humanos, o investigador deve-se assegurar que os riscos são minimizados e que os benefícios ultrapassam os riscos. Tendo em conta que este estudo envolve o desenvolvimento de um programa de exercícios que podem guiar uma intervenção num ser humano, considerou-se, que os benefícios ultrapassam os riscos uma vez que o programa realizado foi baseado na intervenção encontrada como efetiva, segundo a evidência, para a condição clínica do utente.

4. RESULTADOS

O objetivo deste estudo foi desenvolver um programa de exercícios escapulo-torácicos para utentes com disfunção do complexo articular do ombro, com auxílio de biofeedback cinemático. Para responder ao objetivo do estudo e dada a sua natureza metodológica foi realizada e analisada criticamente a efetividade de programas de intervenção já existentes que fossem direccionados para utentes com disfunção do ombro. Desta análise da literatura, concluiu-se que o exercício tem um papel fundamental na intervenção de fisioterapia ao nível das DCAO e que a compreensão acerca do papel da omoplata e do REU tem contribuído a melhoria na reabilitação ao nível desta disfunção (Comerford & Mottram, 2001). O programa de exercícios descrito segue os modelos e teorias de controlo motor e reaprendizagem motora e recorre a uma ferramenta que se tem demonstrado com efectiva para aumentar a qualidade da execução dos exercícios durante as várias fases do processo de reaprendizagem motora, mais especificamente a fase cognitiva e associativa (Antunes *et al.*, 2014; Cordeiro & Matias, 2013). A justificação do plano será abordada no capítulo da discussão, e de forma a facilitar a compreensão do programa de exercícios é importante definir alguns conceitos:

Posição Neutra (PN) da omoplata: é uma posição intermédia, considerada como posição ideal de repouso para a normal função do ombro, onde existe um mínimo suporte do sistema passivo osteo-ligamentar, com a posição a ser mantida pelas estruturas miofasciais (Mottram *et al.*, 2009). Esta posição deve ser definida para cada utente, encontrando o ponto médio entre as três componentes de rotação da omoplata: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e báscula anterior/posterior. Esta PN é especialmente importante numa fase de consciencialização, onde não existem movimentos do MS. Para que o utente seja capaz de reconhecer a PN e assumir esta posição partindo da sua posição de repouso, o fisioterapeuta pode exemplificar e dar uma informação táctil e verbal com o seguinte comando “*traga a sua omoplata para trás e para dentro*”.

Zona Neutra (ZN): Panjabi (1992), definiu a ZN como uma amplitude de movimento fisiológica, que vai desde a PN até ao limite de uma amplitude dentro da qual, o movimento é produzido com uma resistência mínima (zona de grande flexibilidade ou laxidão). Em exercícios em que o sujeito tem de realizar elevação do MS, deixa de ser

possível manter a omoplata numa PN estática, mas sim numa zona de movimento mais abrangente dado o movimento normal da omoplata esperado: A Zona Neutra. É no entanto importante que o utente compreenda que os exercícios devem ser realizados numa “zona próxima da PN”, dado ser uma posição essencial na promoção da estabilidade dinâmica do ombro (Hess, 2000). Além disso, Panjabi (1992) define estabilidade segundo este conceito de ZN, considerando que em caso de instabilidade, esta zona está anormalmente aumentada. Para que o utente seja capaz de reconhecer a ZN, o fisioterapeuta pode exemplificar e dar uma informação táctil e verbal com o seguinte comando “*traga a sua omoplata para trás e para dentro e, tentando controlar esta posição, eleve o membro superior*”.

4.1. Diretrizes para a avaliação subjetiva dos sujeitos

Apesar de não fazer parte do objetivo deste estudo, considerou-se importante dar algumas diretrizes para componentes de avaliação do utente, dada a importância que a avaliação e reavaliação tem no processo de reabilitação, e também pelo facto de a avaliação utilizar também cinemática tridimensional como instrumento para recolha de dados.

Inicialmente deve ser realizado o exame subjetivo do sujeito recolhendo-se toda a informação necessária e relevante, para uma correta avaliação da condição clínica. São apenas apresentadas diretrizes para esta avaliação subjetiva, uma vez que o objetivo do estudo é apenas o desenvolvimento do programa de exercícios, contudo é importante sublinhar que esta é uma muito fase importante para um correto diagnóstico e posterior sucesso de intervenção (Petty & Moore, 2001). Devem então ser recolhidos os dados pessoais/demográficos, a história clínica atual e anterior e a história familiar, sublinhando-se a procura por *yellow* ou *red flags* (Brox, 2003). Deve ser realizado um *body chart* para permitir uma melhor visualização e esquematização dos sintomas do utente e devem ser descritos o comportamento (padrão da dor ao longo do dia, os fatores que agravam e aliviam, a severidade e irritabilidade da condição e a progressão dos sintomas. Devem ainda ser colocadas questões complementares sobre o estado geral de saúde do utente, a medicação e exames complementares de diagnóstico. É ainda importante ter em conta, avaliar e monitorizar os asteriscos subjetivos de forma a reavaliar a progressão do tratamento (Petty & Moore, 2001; Santos & Matias, 2007),

assim como as expectativas do utente, de forma a perceber o que pode aumentar a motivação do utente face ao seu tratamento.

4.2. Diretrizes para a avaliação objetiva do sujeito

- **Postura**

A postura é um ponto essencial na avaliação do utente, uma vez que alterações posturais especificamente da coluna torácica e na elevação dos ombros, têm sido associadas a alterações na posição da omoplata (Ludewig & Reynolds, 2009). A postura é avaliada pela observação do fisioterapeuta e é analisada numa vista anterior, posterior e lateral. Segundo Kendall (1993), numa vista lateral sugere-se como referência a linha que passa pelo lóbulo da orelha, pelo acrómio, região média torácica e abdominal, grande trocânter do fémur, joelho (anteriormente à zona média) e tornozelo (região anterior ao maléolo externo). Numa vista anterior e posterior, sugere-se como linha de referência a zona média da cabeça, as apófises espinhosas da coluna (vista posterior), sínfise púbica e região equidistante entre os joelhos e maléolos internos.

- **Discinésia escapular**

A avaliação da discinésia escapular inclui a avaliação da posição inicial da omoplata e do controlo dinâmico da mesma durante o movimento da GU. A cinemática 3D, por ser um método válido para recolha de dados relativamente ao CAO, como referido anteriormente, é utilizada de forma a poder quantificar a avaliação do sujeito. Além disso, segundo Struyf e colaboradores (2012) referem que também a observação é um método válido e fidedigno para avaliar a discinésia da omoplata, podendo complementar a informação objetiva da avaliação do utente.

- **Posição inicial da omoplata**

A posição inicial da omoplata é um parâmetro importante na avaliação podendo influenciar a biomecânica do CAO.

De forma objetiva, a omoplata é avaliada, inicialmente, assim como durante as sessões, através do *software* de cinemática 3D, de forma a poder quantificar a avaliação e, posteriormente, reavaliar e comparar resultados entre e intra-sessão e de forma a

perceber a evolução da condição. A posição inicial da omoplata pode ser avaliada segundo duas formas, deixando ao critério do utilizador:

1) Segundo um conceito de distância entre a posição de repouso do utente (postura) à PN (definida com auxílio do fisioterapeuta na primeira sessão). Ao longo das sessões espera-se que a posição postural de repouso se aproxime da PN considerada como posição ideal. Os dados de avaliação da posição inicial do sujeito devem ser comparados com os dados gravados no *software* acerca da sua PN.

2) Segundo um espectro de normalidade encontrado por Ludewig e colaboradores (2009) : $41.1^\circ \pm 2^\circ$ protração, $13.5^\circ \pm 2^\circ$ báscula anterior e $5.4^\circ \pm 1^\circ$ rotação superior.

Além disso, a posição inicial pode ainda ser avaliada objetivamente pela observação complementando assim a avaliação de modo a perceber se existe proeminência do bordo interno ou do ângulo inferior, assim como a posição do acrómio (que poderá estar anteriorizado, demonstrando alteração da posição da omoplata e possível encurtamento do pequeno peitoral) (Petty & Moore, 2001). O fisioterapeuta verifica se há assimetrias, deformidades, atrofia ou hipertrofia musculares, edemas e ainda alterações da cor e temperatura da região (Voight & Thomson, 2000).

○ Ritmo Escápulo-Umeral

O REU é avaliado por cinemática 3D e deve ser registado no início de cada intervenção para verificar se há evolução na capacidade de estabilizar a omoplata durante o movimento. Deve ser avaliado enquanto o utente faz uma elevação lenta do MS no plano sagital e frontal e quando regressa à posição inicial (Voight & Thomson, 2000), demorando aproximadamente 3 segundos na elevação e mais 3 segundos na descida (Ludewig, *et al.* 2009). Devem ser recolhidos os dados de três tentativas para cada plano e o valor médio deverá ser calculado, registado e posteriormente comparado com os valores anteriores e com os valores de referência da literatura: durante o movimento máximo de elevação do úmero, a omoplata normalmente roda superiormente $45\text{--}55^\circ$, faz uma báscula posterior de $20\text{--}40^\circ$ e roda externamente entre $15\text{--}35^\circ$ (Escamilla *et al.*, 2009).

Relativamente ao REU deve ainda ser avaliado pela observação, enquanto o utente faz uma elevação lenta do MS no plano sagital e frontal (Voight & Thomson, 2000): a omoplata deve estar estável com um mínimo movimento nos primeiros 30° a 60° de elevação da GU, e em seguida, deve rodar suave e continuamente para cima durante a elevação e para baixo no regresso à posição inicial. A discinésia escapular está presente se uma ou ambas as anomalias de movimento se verificarem:

- 1) A omoplata demonstra elevação ou protração prematura ou excessiva e o movimento não é suave durante a elevação da GU ou existe uma rotação repentina da omoplata para baixo durante a extensão/adução da GU (McClure, Tate, Kareha, Irwin & Zlupko, 2009);
- 2) *winging*: bordo interno e/ ângulo inferior destacados do tórax (McClure, Tate, Kareha, Irwin & Zlupko, 2009).

De forma a assistir a avaliação do utente, Stuyf e colaboradores (2012) realizaram uma revisão sistemática e sugerem a realização de **testes de discinésia** considerados como fidedignos, para a avaliação da posição estática e dinâmica da omoplata, dos quais se destacam:

- A medição da distância entre a borda posterior do acrómio e a mesa, na posição de decúbito dorsal, com o utente relaxado. Neste teste é comparada a distância bilateralmente entre o acrómio e a mesa, sendo possível determinar uma anteriorização do acrómio;
- A medição da distância do bordo interno da omoplata à vértebra torácica T4 ou T3 na posição ortostática;
- E o *lateral scapular slide test* (LSST). Neste teste é medida, bilateralmente, a distância do ângulo inferior da omoplata e o processo espinhoso da coluna torácica mais próxima em 3 diferentes posições: braços em repouso ao longo do corpo; mãos sobre a coxa na posição de sentado (GU a 45° de elevação no plano da omoplata); e, por fim, na posição de pé com os braços a 90° elevação no plano da omoplata e com máxima rotação interna (polegares a apontar para baixo). Diferenças de 1,5 cm são consideradas como presença de disfunção. Apesar de fidedigno, os autores referem que este limiar é ainda pouco específico. Também as possíveis assimetrias encontradas em sujeitos assintomáticos (Morais & Pascoal, 2013), podem questionar a validade destes testes que visam medir a discinésia por comparação do membro oposto.

Tem sido também questionado se a discinésia é directamente uma causa de dor, ou se é uma compensação para fugir à dor. Para testar a discinésia e a sua relação com os sintomas, é sugerido o seguinte teste:

- *SAT test*: este teste envolve uma assistência manual do fisioterapeuta para retração, rotação superior e báscula posterior, durante a elevação do ombro. Se a dor diminuir, quando comparado com o mesmo movimento mas sem assistência do fisioterapeuta, o teste é positivo e a discinésia escapular é então considerada como causa da dor. Este teste além de ter apresentado bons níveis de fidedignidade, é o único que avalia o envolvimento da discinésia escapular com os sintomas do utente.

- **Dor e Função**

O fisioterapeuta recolhe a informação sobre a sintomatologia e função através das escalas EVA, DASH e SPADI. A EVA é utilizada para avaliar a sensação subjetiva de dor e consiste numa escala pontuada de 0 a 10 em que 0 significa sem dor e 10 a pior dor possível. No final da intervenção pretende-se que o score seja de 0/10 nesta escala. A SPADI, é uma escala de autoadministração desenvolvida para avaliar, de forma objetiva, utentes com patologia do ombro. Consiste em 13 itens divididos em duas subescalas: dor (5 itens) e incapacidade funcional (8 itens). As pontuações totais e por dimensão são apresentadas numa escala de orientação negativa de 0 (ausência de dor/ausência de dificuldade) a 10 (pior dor possível/máxima dificuldade) (Duarte, 2002). Pretende-se que no final da intervenção o utente apresente um *score* igual a 0 nesta escala. A DASH é um instrumento concebido para ajudar a descrever/ quantificar a incapacidade dos utentes com disfunção do membro superior. A pontuação é apresentada numa escala de orientação negativa de 0 (máxima funcionalidade) a 100 (máxima incapacidade). O DASH inclui ainda dois módulos opcionais (Módulo trabalho e Módulo desporto/música) com 4 itens cada (1 a 5), pontuados também numa escala de 0 a 100 (Santos & Gonçalves, 2006). Ambas as escalas são válidas e fidedignas e estão validadas para a população portuguesa (Duarte, 2002; Santos & Gonçalves, 2006).

- **Testes especiais**

De acordo com Çalis e colaboradores (2000), os testes com maior sensibilidade são aqueles que melhor se destinam a determinar a presença de disfunção, enquanto

aqueles que apresentam maior especificidade, são os que melhor determinam a ausência da condição. Com base neste conceito, os testes clínicos realizados para identificação de SCSA são o *Hawkins test* e *Neer test*, uma vez que são os mais sensíveis na identificação desta condição apresentando 92,1% e 88,7% de sensibilidade, respetivamente (Çalis *et al.*, 2000; Santos & Matias, 2011) e para a identificação da IGU são o *Relocation test* e o *Anterior release test* com valores de sensibilidade de 87% e de 85% respetivamente (Luime *et al.*, 2004c; Santos & Matias, 2011).

- **Amplitude de Movimento**

A amplitude de movimento do MS, é avaliada por goniometria. Devem ser avaliados os movimentos passivos, ativos e acessórios.

- **Força**

De forma avaliar a fraqueza muscular do utente é realizado um teste de força muscular realizado pelo fisioterapeuta. A força poderá ser realizada através de testes musculares funcionais, não havendo necessidade de avaliar a força isolada de cada músculo, uma vez que como referido na revisão da literatura, o equilíbrio de pares de força é mais importante que a força isolada de músculo (Magarey & Jones, 2003; Santos e Matias, 2007).

- **Encurtamentos musculares**

Estes devem ser avaliados através de testes de encurtamento-alongamento, dando um especial interesse ao pequeno peitoral e trapézio superior (Petty & Moore, 2001).

4.3. Programa de Exercícios Escápulo-Torácicos em fisioterapia para sujeitos com DCAO baseado em *biofeedback* cinemático tridimensional

Este programa de exercícios é baseado em cinemática 3D como fonte de *biofeedback*, com vista a, em tempo real, ajudar o utente a realizar um correto padrão de movimento e a usar apropriadamente os princípios de aprendizagem motora na reabilitação das DCAO.

A progressão dentro de cada exercício é definida consoante a sua correta realização tendo em conta dois conceitos: erro e tempo de execução da tarefa. Durante a progressão de treino, o sujeito vai aumentando a sua capacidade de controlar a omoplata na zona neutra, desta forma, os exercícios devem ser realizados inicialmente com maior erro e menos tempo, progredindo para um erro menor e com maior tempo de duração. O utilizador poderá jogar com os graus de erro de forma a tornar mais difícil o controlo da ET na ZN.

Exemplo: A PN definida para o utente é de 41,1° protração, 13,5° báscula anterior e 5,4° rotação superior e quando o utente tenta reproduzir esta PN sem ajuda do fisioterapeuta a sua posição apresenta, por exemplo, um aumento da protração de 47,1° (surge uma tonalidade vermelha como feedback visual). Sendo então muito difícil atingir os 41,1° propostos, fisioterapeuta pode estabelecer inicialmente um grau de erro de 4° (41,1°+4°) para que o objetivo seja inicialmente, conseguir reproduzir 45,1° e gradualmente diminuir o erro até se aproximar de 41,1°. Isto poderá tornar o exercício mais motivante. É importante referir que alguns estudos mostram que diferenças na cinemática escapular de 5° a 6° são significativos e que estão associadas à diminuição do espaço subacromial e conseqüentemente a sintomas de SCSA (Ludewig & Cook, 2000; Lukasiewicz *et al.*, 1999). Relativamente ao tempo, o fisioterapeuta pode utilizar o mesmo método, sendo importante sublinhar que numa fase de consciencialização sugere-se que o utente seja capaz de manter a zona neutra durante 10 repetições de 10 segundos (Richardson & Jull, 1995; Mottram, 1997). A manutenção de uma posição alvo por um período maior de tempo vai sendo cada mais difícil, dado que, com o aumento da fadiga, o controlo da zona neutra torna-se mais exigente.

Os exercícios ao longo das fases progridem ainda com o aumento da complexidade da tarefa através da dissociação da respiração, menor atenção e grau de esforço requerido,

redução de *feedback* e aumento de carga como será abordado mais adiante na progressão entre fases.

4.3.1. Fases e parâmetros de progressão do programa exercícios escápulo-torácicos para utentes com DCAO

Este programa segue os princípios sugeridos por Fitts e Posner (1967) o qual é dividido em 3 fases de aprendizagem motora: fase cognitiva, associativa e autónoma. A complexidade das tarefas motoras aumenta em cada uma delas de uma abordagem mais analítica para uma abordagem mais funcional. A alta perceção de esforço é expectável numa fase inicial, devido à realização de padrões de movimento não familiares, assim como um elevado grau de atenção para a realização da tarefa (Comerford & Mottram, 2001, Shumway-Cook & Woollacott, 2001), contudo com o progredir da intervenção, deve diminuir o grau de atenção e de perceção de esforço. Especialmente nas fases iniciais, o *feedback* assume um papel preponderante de forma a facilitar o processo de aprendizagem motora uma vez que ajuda o sujeito a detetar e a corrigir um incorreto padrão de movimento durante a realização da tarefa. O *feedback* extrínseco consiste em qualquer tipo de informação de retorno externa ao sujeito e deve ser utilizado, facilitando a consciencialização da zona neutra. Conhecimento de performance e conhecimento de resultados, são dois tipos de *feedback* extrínseco que assumem um papel importante na progressão da reabilitação, uma vez que o sujeito utiliza uma variedade de estratégias para alcançar o objetivo da tarefa motora e usará este *feedback* para confrontar as suas estratégias com resultados positivos ou negativos da ação, otimizando o processo de aprendizagem motora. Numa fase autónoma, a redução/abolição de *feedback* faz parte da progressão da reabilitação e as atividades funcionais do próprio utente, são um dos focos principais para atingir a alta da intervenção.

Parâmetros de reavaliação para progressão de fases

Os parâmetros de reavaliação apresentados neste sub-capítulo são utilizados para ajudar o fisioterapeuta a estabelecer critérios para o utente progredir entre as três fases de tratamento. A síntese dos vários parâmetros a cumprir ao logo do programa está representada no quadro I e é apresentada seguidamente a sua explicação.

Quadro I: Síntese de parâmetros para progressão de fases até à alta

Fase de Intervenção	Parâmetros de Progressão
Fase de Consciencialização Consciencialização da Zona Neutra da ET (e coactivação dos estabilizadores locais)	1 – Consciencialização da Zona Neutra (PN) e manutenção da posição por 10 vezes 10 segundos; 2 – Reconhecimento e recolocação da omoplata na Zona neutra (PN), sem grandes compensações aparentes e mantendo a posição por 10 x 10 seg, em três diferentes posições, com o MS na posição neutra; 3 – Reconhecimento e recolocação da omoplata na Zona neutra, sem grandes compensações aparentes, dissociando da respiração, mantendo a posição por 10 x 10 seg, numa posição estática de elevação do MS (no plano sagital, frontal ou no plano da omoplata a 60° em cadeia cinética fechada).
Fase Associativa Controlo da Zona Neutra da ET (e coactivação dos estabilizadores locais)	4 – Controlo da Zona Neutra realizando um correcto padrão de movimento da ET, entre os 0° e 60° de elevação do MS e voltar à posição neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração e mantendo-a por 2 x 30 seg. 5 – Treino de um correto padrão de movimento da ET, entre os 0° e 90° de elevação do MS e voltar à posição neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração e com baixa percepção de esforço; 6 – Treino de um correto padrão de movimento da ET, entre os 0° e 120° de elevação do MS e voltar à posição neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração, com baixa percepção de esforço:
Fase Autónoma Treino na Zona Neutra da ET	7 - Treino do controlo da zona neutra, enquanto realiza atividades da vida diária, com reduzido feedback; 8 - Treino do controlo da zona neutra, enquanto realiza atividades da vida diária, sem feedback (critério de alta).

Fase de consciencialização – Consciencialização da Zona Neutra

Na fase de consciencialização, o utente terá de cumprir 3 parâmetros em pelo menos 3 posições, para progredir para a fase associativa. Nesta fase pretende-se sobretudo que o sujeito aprenda a reconhecer e a orientar a zona neutra da ET em posições estáticas do MS. Inicialmente deve fazê-lo com o MS a 0° de elevação tentando estabilizar a sua omoplata na PN e, mais tarde a 60° de elevação do MS, devendo encontrar a sua ZN nessa amplitude e manter a contração. Pretende-se ainda o utente controle a ZN da ET sem compensações durante a realização da atividade tais como: retração com elevação, demonstrando uma sobreposição do músculo TS; retração com máxima depressão, rodando a omoplata inferiormente; e fixar o úmero junto ao tronco de forma a permitir a ação de músculo escápulo-humerais (grande dorsal,

infraespinhoso e pequeno redondo), em vez dos escapulo-torácicos (Mottram, 1997). Ao longo da progressão de parâmetros o utente deve ainda ser capaz de dissociar o exercício da respiração, esperando-se que consiga controlar a ZN ET com um padrão respiratório normal, sem realização de apneia.

1 – Consciencialização da Zona Neutra e manutenção da posição por 10 repetições, 10 segundos

Descrição: Nesta fase o fisioterapeuta ajuda o utente a assumir a PN escapulo-torácica através de feedback verbal e táctil (Mottram *et al.*, 2009), e o utente mantém a contração durante 10 repetições de 10 segundos (Richardson & Jull, 1995).

Objetivo: O objetivo neste parâmetro consiste em o sujeito conseguir manter a posição ideal da omoplata através da contração dos músculos estabilizadores, sem sobreposição dos músculos mobilizadores, não se observando assim compensações significativas.

Progressão de *feedback*: Inicialmente o sujeito mantém a PN com ajuda de feedback visual (imagem 3D), podendo progredir para a sua realização com menos feedback (apenas sinal sonoro dado pelo *software*). Por fim, assim que achar que consegue assumir a PN sem ajuda de feedback em tempo real, deve realizar a tarefa com *feedback* reduzido dado apenas no final da actividade (conhecimento de resultados).

2 – Reconhecimento e recolocação da omoplata na Zona neutra, sem compensações aparentes e mantendo a posição por 10 repetições de 10 seg, em três diferentes posições, com o MS na posição neutra

Descrição: Neste parâmetro o fisioterapeuta ajuda o utente a assumir a PN e grava a actividade no *software*. Posteriormente, o utente regressa a uma posição de repouso e com ajuda de *biofeedback* visual, o utente regressa à PN sem ajuda do fisioterapeuta e mantém a posição por 10 segundos durante 10 repetições. O utente deve ser capaz de realizar esta actividade em três posições diferentes (decúbito ventral, lateral e sentado).

Objetivo: O objetivo neste parâmetro é o sujeito conseguir realizar sozinho a tarefa de colocar a sua omoplata na PN através da contração dos músculos estabilizadores, sem sobreposição dos músculos mobilizadores, não se observando

assim compensações (Mottram, 1997), e em várias posições (decúbito lateral, ventral e sentado).

Progressão de *feedback*: Idêntico ao anterior.

3 – Reconhecimento e recolocação da omoplata na Zona neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração, mantendo a posição por 10 repetições por 10 segundos, numa posição estática de elevação do MS (no plano sagital, frontal ou no plano da omoplata) a 60° em cadeia cinética fechada

Descrição: Neste parâmetro o fisioterapeuta pede ao utente que realize a elevação do MS a 60° e apoie a mão sobre uma parede de forma a executar o exercício em cadeia cinética fechada. Nessa posição o fisioterapeuta ajuda o utente a assumir a ZN escápulo-torácica e grava a actividade no *software*. Posteriormente, o utente regressa à posição de repouso ET (com o MS em elevação) e, com ajuda de *biofeedback* visual, o utente regressa à ZN ET sem ajuda do fisioterapeuta e mantém a posição por 10 segundos durante 10 repetições. Nesta fase deve já conseguir dissociar o movimento com a respiração (O'Sullivan, 2000), realizando um padrão de respiração normal (ausência de apneia).

Objetivo: O objetivo neste parâmetro consiste em ser capaz de estabilizar a omoplata na ZN através da contração dos músculos estabilizadores, sem sobreposição dos músculos mobilizadores e com um padrão de respiração normal, mas numa posição estática de elevação do MS. A elevação da GU, aumenta a dificuldade de estabilizar a ET e ajuda o utente a consciencializar-se acerca da ZN ET em movimentos de elevação da GU, preparando-o para uma fase seguinte. Se o utente não apresentar dor a 90° de elevação da GU (amplitude normalmente associada ao arco doloroso), este parâmetro pode ser realizado nesta amplitude uma vez que aumenta a exigência da tarefa.

Progressão de *feedback*: Idêntico ao anterior.

Fase Associativa – Controlo da zona neutra da ET

Na segunda fase, o utente tem três parâmetros a cumprir nos 3 planos de movimento (frontal, sagital e plano da omoplata). São adicionadas actividades dinâmicas de elevação do MS, aumentando assim a complexidade da tarefa. Espera-se um controlo da ZN ET durante as várias actividades dinâmicas do MS, sem

compensações, com um maior tempo de contração, com um padrão respiratório normal, com um menor grau de esforço requerido (deve conseguir manter uma conversa enquanto executa o movimento) e sem descoaptação da omoplata. A descoaptação da omoplata deve ser avaliada pelo fisioterapeuta por observação, verificando se há destacamento do bordo interno da omoplata ou do seu ângulo inferior.

4 – Controlo da Zona Neutra ET entre os 0° e 60° de elevação do MS e regresso à PN, sem compensações aparentes, dissociando da respiração e mantendo a PN por 2 repetições de 30 seg.

Descrição: Neste parâmetro o fisioterapeuta pede ao utente que realize a actividade de elevação do MS dos 0° até aos 60° lentamente e regresse aos 0°. O fisioterapeuta ajuda o utente a controlar a ZN escápulo-torácica durante a actividade e grava-a no *software*, definindo assim uma zona alvo de treino. Posteriormente, o utente deve realizar a mesma actividade sem ajuda do fisioterapeuta e, com ajuda de *biofeedback* visual, deve manter o controlo da omoplata na Zona Neutra e, ao chegar à posição inicial de 0° de elevação do MS, deve ser capaz de manter a PN ET durante 2 repetições de 30 segundos, mantendo um padrão de respiração normal.

Objetivo: O objetivo deste parâmetro consiste em começar a associar movimentos dinâmicos de elevação do MS, aumentando assim a complexidade da tarefa. O sujeito deve realizar a tarefa com controlo da ET sem descoaptação, dissociando esta tarefa da respiração, nos 3 planos de movimento.

Progressão de *feedback*: Inicialmente o sujeito controla a ZN com ajuda de *feedback* visual (imagem 3D), podendo progredir para a sua realização com menos *feedback* (sinal sonoro dado pelo *software*). Por fim, assim que achar que consegue controlar a ZN sem ajuda de *feedback* em tempo real, pode realizar a tarefa com *feedback* reduzido dado apenas no final da actividade (conhecimento de resultados).

5 – Treino de um correto padrão de movimento da ET, entre os 0° e 90° de elevação do MS e voltar à posição neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração e com baixa percepção de esforço (Mottram, 1997)

Descrição: Neste parâmetro o fisioterapeuta pede ao utente que realize a actividade de elevação do MS dos 0° até aos 90° lentamente e regresse aos 0°. O fisioterapeuta ajuda o utente a controlar a ZN escápulo-torácica durante a actividade e grava-a no *software*, definindo assim uma zona alvo de treino. Posteriormente, o utente

deve realizar a mesma actividade sem ajuda do fisioterapeuta e, com ajuda de *biofeedback* visual, deve manter o controlo da omoplata na Zona Neutra e, ao chegar à posição inicial de 0° de elevação do MS, deve ser capaz de manter a PN ET durante 2 repetições de 30 segundos, mantendo um padrão de respiração normal e baixa percepção de esforço (deve conseguir manter uma conversa enquanto realiza a actividade).

Objetivo: O objetivo deste parâmetro consiste em aumentar a amplitude dos movimentos de elevação do MS e diminuir o grau de atenção para a realização da tarefa, de forma a aumentar a complexidade da tarefa. O sujeito deve realizar a tarefa em cada um dos 3 planos de movimento, com controlo da omoplata sem descoaptação, dissociando esta tarefa da respiração e mantendo uma conversa com o fisioterapeuta.

Progressão de *feedback*: Idêntico ao anterior.

6 – Treino de um correto padrão de movimento da ET, entre os 0° e 120° de elevação do MS e voltar à posição neutra, sem compensações aparentes, dissociando da respiração e com baixa percepção de esforço

Descrição: Neste parâmetro o fisioterapeuta pede ao utente que realize a actividade de elevação do MS dos 0° até aos 120° lentamente e regresse aos 0°. O fisioterapeuta ajuda o utente a controlar a ZN escápulo-torácica durante a actividade e grava-a no *software*, definindo assim uma zona alvo de treino. Posteriormente, o utente deve realizar a mesma actividade sem ajuda do fisioterapeuta e, com ajuda de *biofeedback* visual, deve manter o controlo da omoplata na Zona Neutra e, ao chegar à posição inicial de 0° de elevação do MS, deve ser capaz de manter a PN ET durante 2 repetições de 30 segundos, mantendo um padrão de respiração normal e baixa percepção de esforço (deve conseguir manter uma conversa enquanto executa o movimento).

Objetivo: O objetivo deste parâmetro consiste em aumentar a amplitude dos movimentos de elevação do MS de forma a aumentar a complexidade da tarefa. O sujeito deve realizar a tarefa em cada um dos três planos de movimento, com controlo da omoplata sem descoaptação, dissociando esta tarefa da respiração e mantendo uma conversa com o fisioterapeuta.

Progressão de *feedback*: Idêntico ao anterior.

Fase autónoma- Treino na Zona neutra da ET

Na terceira fase, o utente tem dois parâmetros a cumprir associados às suas actividades da vida diária e é reduzido o *feedback* uma vez que deve já começar a haver

uma automatização do controlo da zona neutra da ET. Nesta fase, a redução/abolição de feedback e o treino funcional de forma a reintegrar o utente nas suas AVD's é então a chave para a alta da fisioterapia. As actividades funcionais seleccionadas devem ir de encontro às actividades diárias e/ou desportivas do sujeito, partindo do pressuposto da importância do princípio da especificidade do treino e devem ser realizadas sem compensações aparentes, sem descoaptação da omoplata, mantendo um padrão respiratório normal e com baixo grau de esforço requerido.

7- Treino do controlo da zona neutra, enquanto realiza actividades da vida diária, com reduzido feedback

Descrição: Inicialmente, o utente assume a PN ET e realiza a actividade funcional seleccionada, controlando a ET na ZN e regressa à posição inicial (MS a 0°). O fisioterapeuta apesar de não auxiliar o utente na actividade deve certificar-se que o movimento ocorre dentro de um correcto padrão de movimento sem descoaptação da omoplata e grava a actividade. Posteriormente o sujeito deve realizar a tarefa, três vezes controlando a ET na ZN sem feedback em tempo real. O utente poderá apenas corrigir a sua tarefa após uma confrontação de resultados.

Objetivo: O objectivo nesta fase consiste em conseguir realizar uma actividade funcional com controlo da ET, sem feedback em tempo real, sem descoaptação da omoplata, mantendo um padrão de respiração normal e baixa percepção de esforço. É apenas dado um reduzido feedback com base em conhecimento de resultado, através do vídeo da sua prestação nas três repetições, percebendo se foi obtida alguma tonalidade vermelha que demonstre que a actividade necessita de ser corrigida.

Feedback: reduzido *feedback* com base apenas em conhecimento de resultados.

8- Treino do controlo da zona neutra, enquanto realiza actividades da vida diária, sem feedback

Descrição: idêntica ao parâmetro anterior, contudo não é dado qualquer feedback ao utente. Apenas o fisioterapeuta tem acesso ao video para avaliar a prestação do utente.

Objetivo: O objectivo nesta fase consiste em conseguir realizar uma actividade funcional com controlo da ET, sem feedback, sem descoaptação da omoplata, mantendo um padrão de respiração normal e baixa percepção de esforço. É apenas questionado se considera ter realizado correctamente a actividade ou não durante as três tentativas.

Caso, considere que tenha realizado a actividade correctamente, contudo, em alguma das três tentativas, tenha obtido uma tonalidade vermelha no video, considera-se que este parâmetro não está ainda cumprido. Não poderá assistir ao vídeo da sua prestação, para que não perceba qual a estratégia que deve modificar e deve voltar a repetir a actividade, repetindo as três tentativas novamente.

Feedback: sem *feedback*.

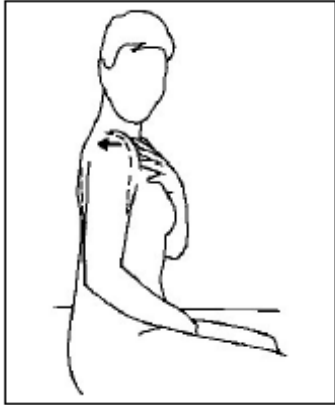

4.3.2. Programa de Exercícios escápulo-torácicos

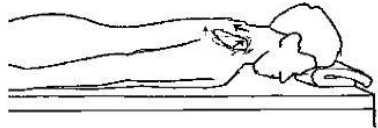

Fase Cognitiva - Consciencialização da zona neutra



Nesta primeira fase, o sujeito vai aprender a identificar e controlar a omoplata na posição neutra. Esta fase foi dividida em dois graus de complexidade e os exercícios são apresentados no quadro II. No primeiro grau (exercício 1- 4), o utente deve ser capaz de assumir a posição neutra com o MS em 0° de elevação. Mais adiante, no exercício 5, 6 e 7 os exercícios exigem já uma maior amplitude do MS, apesar de ser apenas exigida uma posição estática. O objetivo destes últimos exercícios é dar ao utente componentes de maior exigência motora, onde terá de procurar estratégias para cumprir a tarefa de colocar a omoplata na ZN numa amplitude em que se torna mais difícil de controlar esta posição. Assim, o fisioterapeuta está assegurado que o utente tem maiores capacidades para progredir para uma fase associativa, onde terá de controlar a sua omoplata associando exercícios dinâmicos com vários graus de elevação. Apesar de serem introduzidos exercícios com elevação do MS, estes além de estáticos, são suportados pelo apoio na parede, exigindo ao sujeito que apenas controle a sua ET, sem se preocupar tanto com o controlo da GU (controlo segmentar).

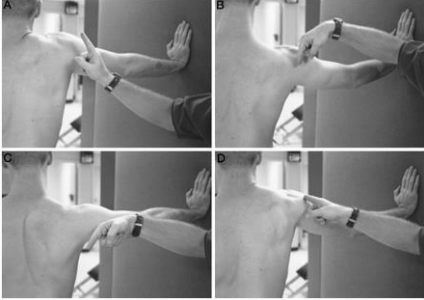
Quadro II: Exercícios para a fase de consciencialização

	<u>Exercícios</u>	
<u>Fase de</u> <u>Consciencialização-</u> Grau 1	1-Activação do músculo trapézio inferior na posição de sentado	<u>Posição:</u> Na posição de sentado com ambas as mãos repousando sobre as pernas; <u>Movimento:</u> Báscula posterior e rotação interna da omoplata até atingir a posição neutra da ET e mantê-la durante 10 segundos. Repetir 10 vezes.

	 <p>- Exercício com bom rácio TS/GD e TS/TI (Mottram, 1997, 2009)</p>	<p><u>Zona Neutra:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “traga a sua omoplata para trás e para dentro até chegar à zona neutra” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>2-Ativação em Decúbito Lateral</p>  <p>- Baixo rácio TS/GD e TS/TI (Moreira & Matias, 2010)</p>	<p><u>Posição:</u> Em decúbito lateral com o ombro na posição neutra; <u>Movimento:</u> Báscula Posterior, depressão e rotação externa da omoplata até alcançar a posição neutra da omoplata. Manter por 10 segundos e repetir 10 vezes; <u>Zona Neutra:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “traga a sua omoplata para trás e para dentro até chegar à zona neutra” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>3- Ativação em decúbito ventral</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito ventral, com os braços em repouso sobre a marquês ao longo do corpo; <u>Movimento:</u> Báscula Posterior, depressão e rotação externa da omoplata até alcançar a posição neutra da omoplata. Manter por 10</p>

	 <p>- Baixo rácio TS/GD e TS/TI (Moreira & Matias, 2010)</p>	<p>segundos e repetir 10 vezes; <u>Zona Neutra:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “traga a sua omoplata para trás e para dentro até chegar à zona neutra” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>4- Ativação na posição de sentado com ambas as mãos em repouso sobre uma mesa</p>  <p>- Baixo rácio TS/GD e TS/TI (Moreira & Matias, 2010)</p>	<p><u>Posição:</u> Na posição de sentado com as mãos em repouso sobre uma mesa e os cotovelos a 90° de flexão; <u>Movimento:</u> Báscula posterior, depressão e rotação externa da omoplata até alcançar a posição neutra da omoplata. Manter por 10 segundos e repetir 10 vezes; <u>Zona Neutra:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “traga a sua omoplata para trás e para dentro até chegar à zona neutra” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
<p><u>Fase de consciencialização</u> – grau 2</p>	<p>5- knee push-up plus: Ativação do Grande Dentado na posição de 4 apoios</p>	<p><u>Posição:</u> Na posição de quarto apoios, com os joelhos e ancas a 90° de flexão e com os cotovelos em ligeira flexão. <u>Movimento:</u> Extensão dos cotovelos e rotação interna da</p>

	 <p>Bons níveis de activação do GD (Ludewig <i>et al.</i>, 2004)</p>	<p>omoplata. E depois voltar à posição inicial. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “Estique os cotovelos, cresça com o tronco para cima, de modo a afastar as omoplatas das costas”. <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício</p>
	<p>6- Inferior Glide</p>  <p>Bons níveis de activação do GD e TI, reduzidos níveis do TS e do deltoide (anterior e posterior) (Kibler, Sciascia, Tambay, Cunningham, 2008)</p>	<p><u>Posição:</u> na posição de sentado, com o membro superior em abdução a 90°, repousando sobre uma superfície fixa e com o polegar a apontar para cima. <u>Movimento:</u> Com controlo da omoplata, realizar pressão sobre o punho em direção ao movimento de adução. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “mantendo a sua omoplata para trás e para dentro, faça pressão com o punho para baixo sobre a mesa e mantenha a posição 10 vezes 10 segundos” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>7- ‘Clock exercise: treino da zona Neutra em cadeia cinética</p>	<p><u>Posição:</u> na posição ortostática, com o membro superior em elevação num</p>



	<p>fechada e elevação do membro superior no plano sagital ou frontal (o sujeito suporta a sua mão numa parede enquanto realiza a atividade. Pode controlar os movimentos da omoplata não só nos movimentos de retração e depressão, mas também simular a elevação e a protração, simulando as horas de um relógio)</p>  <p>- Exercício de treino das componentes de movimento escapular e treino correctivo em cadeia cinética fechada (Kibler, 1998)</p>	<p>dos 2 planos. <u>Movimento:</u> Realizar a elevação do MS num dos planos até atingir o grau de movimento (60° e 90°) e controlar a omoplata na zona alvo de treino de depressão e retração. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “ eleve o seu braço para a frente ou para o lado e nessa posição traga a sua omoplata para trás e para dentro” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício. <u>Progressão:</u> Inicialmente realiza a actividade a 60°, progride aumentando a amplitude para 90° e, numa fase mais avançada, pode colocar uma bola entre a mão e a parede.</p>
--	--	--

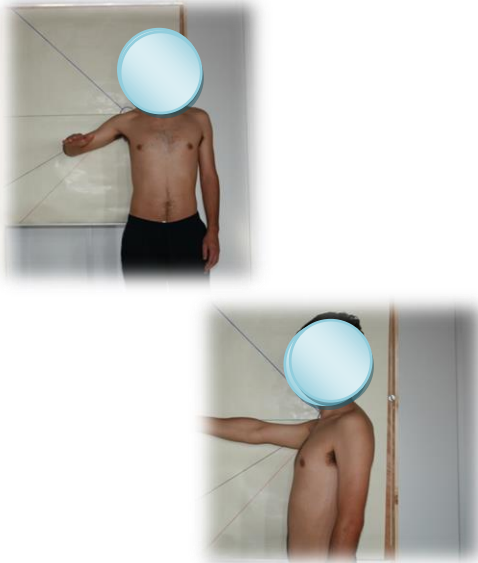
Para progredir para a próxima fase, o utente deve ser capaz de completar pelo menos três dos sete exercícios corretamente e cumprir os três primeiros parâmetros de progressão entre fases. O feedback para cada exercício está estipulado na tabela, e o fisioterapeuta vai diminuindo o feedback de forma a progredir no processo de reaprendizagem motora. No final desta fase, o sujeito deve conseguir realizar as atividades com reduzido feedback, fornecido apenas no final da realização da tarefa (conhecimento de resultados).


Fase Associativa - Controlo da zona neutra da ET

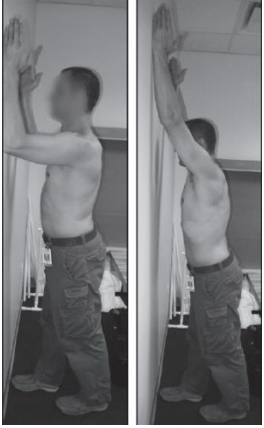

Esta fase está representada no quadro III e inclui já exercícios dinâmicos, os quais requerem uma maior capacidade por parte do utente em estabilizar a ET, exigindo um controle multi-segmentar.




Quadro III: Exercícios para a fase Associativa

	<u>Exercícios</u>	
<u>Fase Associativa</u>	<p>8 – Exercícios “side-lying external rotation”</p>  <p>- Bom rácio TS/TI e DA/Infraespinhoso (Bitter <i>et al.</i>, 2007; Cools <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito lateral, com o ombro na posição neutra, o cotovelo a 90° de flexão e uma almofada entre o tronco e o cotovelo;</p> <p><u>Movimento:</u> O utente realiza adução e rotação externa do ombro enquanto controla a omoplata na posição neutra, e volta à posição inicial;</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “com controlo da omoplata na posição neutra e mantendo o cotovelo junto ao corpo, rode externamente o seu ombro, elevando a mão para cima. Volte à posição inicial.”</p> <p><u>Feedback:</u> biofeedback visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>9 – Exercício de Abdução/Adução (0°-90°) da GU em decúbito lateral</p>  <p>Baixo rácio TS/GD e TS/TI (Raposo & Matias, 2010)</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito lateral o ombro em adução e rotação externa, repousando sobre o tronco;</p> <p><u>Movimento:</u> O utente inicia a atividade partindo de depressão e rotação externa da omoplata. Concentricamente, realiza abdução da GU até 90° mantendo a rotação externa (polegar a apontar para cima) e seguiamente faz adução até 0°.</p> <p><u>Zona alvo:</u></p>

		<p>Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando</u>: “Tentando controlar a sua omoplata, eleve o seu braço lateralmente até aos 90° e mantendo o seu polegar a apontar para cima. Mantendo o controlo da omoplata, regresse à posição inicial”.</p> <p><u>Feedback</u>: <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>10 – Elevação do membro superior no plano sagital e frontal a 60° e 90°</p>  <p>Baixo rácio TS/GD e TS/TI (Raposo e Matias, 2010)</p>	<p><u>Posição</u>: na posição ortostática, com o membro superior a 0° de elevação, repousando ao longo do corpo;</p> <p><u>Movimento</u>: Controlando a omoplata, realizar a elevação do MS no plano sagital e frontal. A correção da omoplata é dependente do grau de elevação do MS.</p> <p><u>Zona alvo</u>: Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando</u>: “Tentando controlar a sua omoplata, eleve o seu braço para a frente ou lateralmente até aos 60° ou 90°. Mantendo o controlo da omoplata, regresse à posição inicial, deslizando a mão sobre a parede.</p> <p><u>Feedback</u>: <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>11- <u>Full Can Exercise</u></p>	<p><u>Posição</u>: na posição ortostática, com a omoplata estabilizada, e a GU em posição neutra.</p> <p><u>Movimento</u>: Realizar elevação de 0° a 90° no plano da omoplata com rotação externa da GU.</p>

	 <p>- promoção de rotação superior, retração e báscula posterior (Thigpen <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “Tentando controlar a sua omoplata, eleve o seu braço até 90°, numa posição intermédia (entre a frente e a lateral), mantendo os polegares apontados para cima, e regresse à posição inicial”.</p> <p><u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>12- sliding a box</p> <p>- Exercício baseado em actividade funcional (Lin <i>et al.</i>, 2005).</p>	<p><u>Posição:</u> Na posição de sentado com as mãos em repouso sobre uma mesa e os cotovelos a 90° de flexão;</p> <p><u>Movimento:</u> Com ambas as mãos, deslocar um objeto sobre a mesa (peso 4.5 kg), afastando-a;</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “mantendo o controlo da omoplata, use os seus braços para fazer deslizar a caixa, afastando-a”</p> <p><u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>13- Wall slide exercise</p>	<p><u>Posição:</u> na posição ortostática, de frente para uma parede, com os cotovelos a 90°, encostando a região cubital do antebraço e da mão à parede, com a GU no plano da omoplata;</p> <p><u>Movimento:</u> o utente faz elevação da GU no plano da omoplata e desliza os braços até</p>

	 <p>Bons níveis de activação do GD (Hardwick, Beebe, McDonnell & Lang, 2006)</p>	<p>ao máximo de elevação. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u>” mantendo o controlo da sua omoplata, eleve os braços no plano da omoplata, arrastando os antebraços e a mão na parede até ao máximo” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>14 – Exercício “<i>sidelying forward flexion to 135°</i>”</p>  <p>- Bom rácio TS/TI e TS/TM (Cools <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito lateral, com o ombro e o cotovelo na posição neutra; <u>Movimento:</u> O utente realiza flexão do ombro num plano horizontal até 135° e volta à posição inicial enquanto controla a omoplata. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “com controlo da sua omoplata, realize flexão do seu ombro até 135° e volte à posição inicial”. <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>15 – Exercício “<i>prone horizontal abduction with external rotation</i>”</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito ventral, com o ombro repousando a 90° de flexão (fora da marquesa) <u>Movimento:</u> o utente realiza uma abdução horizontal até ao nível do tronco, com o ombro em rotação externa no final do movimento. Volta posteriormente à posição inicial. <u>Zona Alvo:</u></p>

	 <p>- Bom rácio TS/TI e deltoide/supra-espinhoso (Cools <i>et al.</i>, 2007)</p>	<p>Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “com o controlo da omoplata e com o ombro a repousar a 90° de flexão fora da marquesa, eleve o seu braço lateralmente rodando externamente o seu ombro até ao final do movimento. Regresse à posição inicial. <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>16 - Exercício “prone extension in neutral position”</p>  <p>(Moseley, Jobe, Pink, Perry & Tibone 1992; Cools 2007)</p> <p>Bom rácio TS/TM e TS/TI</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito ventral, com o ombro repousando a 90° de flexão (fora da marquesa) <u>Movimento:</u> O sujeito realiza extensão da GU até à posição neutra. <u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “controlando a sua omoplata, eleve o seu ombro para trás até ao nível do corpo e volte à posição inicial” <u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
	<p>17- Exercício <i>Push-up plus</i></p>  <p>Bons níveis de activação do GD (Ludewig <i>et al.</i>, 2004; Ludewig & Reynolds,</p>	<p><u>Posição:</u> Sujeito em decúbito ventral apenas com as mãos e os pés a tocar no solo e com os cotovelos em ligeira flexão. <u>Movimento:</u> O utente faz extensão dos cotovelos até uma posição standard de <i>push-up</i> e continua a elevar o tronco realizando protração da omoplata. O utente volta à posição inicial realizando uma rotação externa da omoplata.</p>

	2009)	<p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “Estique os cotovelos, cresça com o tronco para cima, de modo a afastar as omoplatas das costas”.</p> <p><u>Feedback:</u> <i>biofeedback</i> visual através de imagem 3D em tempo real. Quando o utente realizar a tarefa com facilidade, reduzir o feedback, apresentando os resultados apenas após a realização do exercício.</p>
--	-------	---

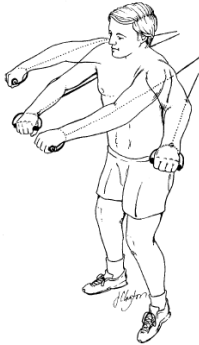
Para progredir para a próxima fase, o utente deve ser capaz de completar pelo menos três dos dez exercícios corretamente e cumprir os parâmetros de progressão 4, 5 e 6. O feedback para cada exercício está estipulado na tabela, e o fisioterapeuta vai diminuindo o feedback de forma a progredir no processo de reaprendizagem motora. No final desta fase, o sujeito deve conseguir realizar as atividades com reduzido feedback, fornecido apenas no final da realização da tarefa (conhecimento de resultados), dissociados da respiração, com baixa percepção de esforço em 3 diferentes atividades dinâmicas do MS.

Fase autónoma- Treino da Zona Neutra da ET




Nesta terceira fase, o utente deve já ser capaz de integrar o controlo da ET em várias atividades do dia-a-dia e em várias posições da GU, podendo ser acrescentado a esse controlo segmentar, alguma resistência, força e potência. O objetivo nesta fase é retirar o feedback até ao final do processo de reabilitação e integrar o utente nas suas atividades da vida diária, quer do ponto de vista profissional ou até desportivo.

Os exercícios estipulados para esta fase, encontra-se no quadro IV:

Quadro IV: Exercícios para a fase autónoma

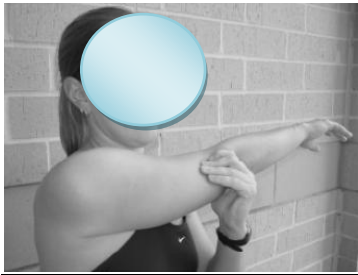
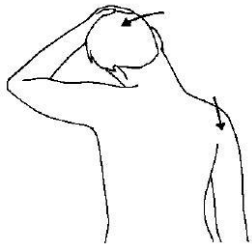
	<u>Exercises</u>	
<p>Fase <u>Autónoma</u></p>	<p>18- Exercício “dynamic hug”</p>  <p>Bons níveis de activação do GD (Decker, Hintermeister, Faber, Hawkins, 1999; Ludewig & Reynolds, 2009)</p>	<p>Posição: na posição de pé, com as costas apoiadas numa parede, os joelhos ligeiramente flectidos e os pés afastados à largura dos ombros.</p> <p>Movimento: O utente inicia o exercício com o cotovelo fletido a 45° e o ombro abduzido a 60°. Posteriormente faz uma adução horizontal desenhando um arco com as suas mãos (como um abraço). Após tocar com uma mão na outra (máximo de protração da omoplata), volta devagar para a posição inicial.</p> <p>Zona alvo: Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p>Comando: “com controlo da omoplata, faça um movimento com os braços, simulando um abraço e, quando as suas mãos tocarem uma na outra, regresse controladamente à posição inicial”</p> <p>Feedback: Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
	<p>19- Elevação de um objeto (garrafa de água) até aos 90° de flexão da GU, na posição de sentado</p> <p>- Exercício baseado em actividade funcional (Lin <i>et al.</i>, 2005; Santos & Matias, 2007).</p>	<p>Posição: Na posição de sentado, em frente a uma mesa, pegar num objeto (garrafa de água) e elevá-lo até aos 90° de flexão da GU.</p> <p>Movimento: com controlo da omoplata, realizar elevação da GU a 90° no plano sagital, elevando um objeto. Posteriormente, regressar à posição inicial.</p> <p>Zona alvo: Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p>Comando: “controlando a sua omoplata, eleve o seu braço e traga a garrafa de água até 90° de elevação e volte a colocá-la na mesa e regresse à posição inicial.</p> <p>Feedback: Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>


	<p>20 - Elevação de um objeto (garrafa de água) até aos 120° de flexão da GU, na posição de sentado</p> <p>- Exercício baseado em actividade funcional</p> <p>(Lin <i>et al.</i>, 2005; Santos & Matias, 2007)</p>	<p><u>Posição:</u> Na posição de sentado, em frente a uma mesa, pegar num objeto (garrafa de água) e elevá-lo até aos 120° de flexão</p> <p><u>Movimento:</u> com controlo da omoplata, realizar elevação da GU a 120° no plano sagital, elevando um objeto. Posteriormente, regressar à posição inicial.</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “controlando a sua omoplata, eleve o seu braço e traga a garrafa de água até 120° de elevação e volte a colocá-la na mesa e regresse à posição inicial.</p> <p><u>Feedback:</u> Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
	<p>21- Exercício de elevação do MS, no plano da omoplata, dividido nas 3 amplitudes (0°-60°, 60°-90° e 90°-120°) sem aplicação de carga e com peso</p> <p>Exercício de treino da ET nas várias amplitudes de elevação da GU, baseado em actividades funcionais.</p> <p>(Ludewig e Cook, 2000).</p>	<p><u>Posição:</u> na posição de pé, com os braços ao longo do corpo e a omoplata na posição neutra.</p> <p><u>Movimento:</u> realizar elevação do MS no plano da omoplata entre: os 0° – 60°, os 60°- 90° e os 90°-120°.</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “controlando a omoplata, eleve o seu braço (numa direção entre a elevação frontal e lateral), até à amplitude pedida.</p> <p><u>Feedback:</u> Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
	<p>22 – D1 para Flexão: Exercício em diagonal associando uma combinação de flexão, adução e rotação externa do ombro, sem aplicação de carga e com peso</p>	<p><u>Posição:</u> na posição de pé, com o ombro na posição neutra e o braço em extensão.</p> <p><u>Movimento:</u> o utente realiza uma combinação de movimentos do ombro flexão, adução e rotação externa do ombro enquanto controla a omoplata.</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “mantendo o controlo da omoplata, realize um movimento em diagonal do braço</p>

	 <p>Bons níveis de activação do GD (Ekstrom, Donatelli & Soderberg, 2003)</p>	<p>trazendo a sua mão para cima, para dentro e rodando externamente de forma a apontar o polegar externamente”.</p> <p><u>Feedback:</u> Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
	<p>23- Exercícios “Prone shoulder external rotation at 90° of abduction” sem aplicação de carga e com peso</p>  <p>Bom rácio TS/TI, promove a depressão da omoplata (Ekstrom <i>et al.</i>, 2003)</p>	<p><u>Posição:</u> em decúbito ventral, com o ombro em abdução a 90° e o cotovelo fletido a 90°;</p> <p><u>Movimento:</u> Partindo da posição de 90° de abdução da GU e 90° de flexão do cotovelo, realizar rotação externa da omoplata, com o cotovelo suportado pela marquesa e usando um peso (ex. 1kg)</p> <p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009)</p> <p><u>Comando:</u> “com o controlo da sua omoplata rode externamente o seu ombro, de forma a elevar o peso e regresse à posição inicial”.</p> <p><u>Feedback:</u> Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
	<p>24- Prone 90/90 plyometric exercise (peso do objeto até 1kg)</p> 	<p><u>Posição:</u> Em decúbito ventral sobre a marquesa, com 90° de abdução da GU e 90° de flexão do cotovelo segura um peso maleável de 0.5 ou 1.0kg (em rot. Externa com o polegar em paralelo com o chão).</p> <p><u>Movimento:</u> na posição inicial, com controlo da omoplata, deixar descair um pouco a mão e de imediato elevar novamente a mão e largar e apanhar o peso sem o deixar cair no chão. A bola deve ser largada acima e apanhada abaixo da posição inicial. Repetir o movimento por 20 a 30 segundos.</p>

	<p>- Melhorias ao nível da proprioceptividade, tempo de reação e velocidade e potência muscular (Ellenbecker & Cools, 2010)</p>	<p><u>Zona alvo:</u> Centrada no utente e guiada pelo fisioterapeuta (Mottram <i>et al.</i>, 2009) <u>Comando:</u> “com o controlo da sua omoplata, inicialmente deixe descaír a sua mão. Seguidamente, eleve a mão, elevando e largando a bola, apanhando-a de imediato sem deixar cair ”. <u>Feedback:</u> Apenas no final da tarefa (conhecimento de resultados)</p>
--	---	---

Quadro V: Exercícios de alongamento

Alongamentos	
<p>1:Alongamento da cápsula Posterior: <i>cross-body stretch</i></p>  <p>(McClure <i>et al.</i>, 2007).</p>	<p>Como realizar o exercício: 1- Na posição de pé dobrar o ombro a 90°; 2- Com a mão oposta no cotovelo, puxar o braço para junto do tronco;</p> <p>Deve realizar 2 vezes, mantendo o alongamento 20 segundos, com intervalos de 10 segundos entre cada alongamento (Bang & Deyle, 2000).</p> <p>Progressão: 3 vezes 30 segundos Nota: deve sentir a região posterior do ombro a esticar.</p>
<p>2: Alongamento do músculo trapézio superior</p>  <p>Phadke <i>et al.</i>, 2009</p>	<p>Como realizar o exercício: 1- Com a mão oposta ao ombro lesionado, puxar a cabeça lateralmente; 2- Baixar o ombro lesionado, realizando força em direção ao chão.</p> <p>Deve realizar 2 vezes, mantendo o alongamento 20 segundos, com intervalos de 10 segundos entre cada alongamento.</p> <p>Progressão: 3 vezes 30 segundos Nota: deve sentir a região superior do ombro e lateral do pescoço a esticar.</p>
<p>3: Alongamento do músculo pequeno</p>	<p>Como realizar o exercício: 1- Estabilizar o braço do lado lesionado numa superfície</p>

<p>peitoral: <i>unilateral self-stretch</i></p>  <p>(Borstad & Ludewig, 2006)</p>	<p>plana vertical; 2- Rodar o tronco para o lado oposto;</p> <p>Deve realizar 2 vezes, mantendo o alongamento 20 segundos, com intervalos de 10 segundos entre cada alongamento.</p> <p>Progressão: 3 vezes 30 segundos Nota: deve sentir a região anterior do ombro a esticar.</p>
---	---

Notas Relevantes ao plano:

- 1) É importante ter atenção à correção postural na realização de todos os exercícios, que não vem devidamente demonstrado em algumas das imagens;
- 2) Os exercícios devem ser realizados sem despertar sintomatologia e o fortalecimento não vai de encontro à hipertrofia, mas sim a abordagens neuromusculares para o aumento do controlo motor da escápulo-torácica utilizando de baixas a moderadas cargas (Ludewig & Reynolds, 2009); Inicialmente os exercícios são iniciados sem carga externa adicionada, progredindo-se para exercícios com pesos calculados segundo um conceito de 10RM, com cargas baixas a moderadas (40-60% de 10RM).
- 3) Todos os dias devem ser escolhidos alguns exercícios para o tente realizar em casa;
- 4) Em todas as sessões devem ser realizados alongamentos.

Educação do utente e aconselhamentos para casa

A educação e o ensino assumem um papel fundamental e preponderante de forma a que o sujeito compreenda a importância do seu papel ativo no processo de recuperação. A aprendizagem acerca da sua condição e da forma como pode colaborar no tratamento podem ser facilitadas através da explicação do mecanismo fisiopatológico da condição, do esclarecimento de dúvidas e do papel do exercício e da estabilização ET no processo de recuperação. Deve ser aconselhado a evitar movimentos que despertem a

sintomatologia (Host, 1995) e deve ser dada uma folha com os desenhos dos exercícios a fazer em casa/trabalho no final de cada sessão. Uma frequente estimulação e repetição da atividade melhora a capacidade de ativar as componentes do movimento, do que apenas a prática isolada uma vez por dia na sessão de tratamento (Shumway-Cook & Woollacott 2001). Desta forma, no processo de aprendizagem motora é importante encorajar o utente a praticar as atividades durante alguns minutos várias vezes ao dia (Magarey & Jones, 2003). Os exercícios para casa que incluam a orientação da omoplata devem ser encorajados para serem realizados quantas vezes forem possíveis, aconselhando-se pelo menos duas vezes ao dia e os alongamentos (Quadro V) uma vez por dia (Struyf *et al.*, 2013; Worsley *et al.*, 2013). Segundo, Magarey e Jones (2003) após a alta, um utente que tenha tido dor no ombro, necessita de continuar a monitorizar continuamente o seu controlo dinâmico e praticá-lo regularmente, ou este tende a ser perdido, de forma que se aconselha ao utente a realizar conscientemente uma breve ativação ou uma deliberada pré-ativação durante a função normal do MS, uma ou duas vezes por semana, para manter o controlo atingido após a alta.

4.3.3. Prognóstico da condição

Relativamente ao prognóstico da condição, o tempo de intervenção varia nos vários estudos. Roy, Moffet, Hébert e Lirette (2009a) referem que após a realização de um programa de 9 semanas baseado nos princípios de controlo motor da ET, os utentes referem melhorias ao nível da dor e da função com desaparecimento do arco doloroso e com pequenas melhorias na cinemática ET. Struyf e colaboradores, demonstraram também entre 4-8 semanas (9 sessões) melhorias estatística e clinicamente benéficas ao nível da dor e da função, num plano de intervenção focado em exercícios de orientação da omoplata, e que essas melhorias permaneceram ao fim de 3 meses. Também num estudo experimental, Worsley e colaboradores (2013) com uma intervenção direcionada para exercícios focados no controlo da omoplata em utentes com SCSA aumentou a funcionalidade e reduziu a sintomatologia em dez semanas. As melhorias envolvem alterações neurofisiológicas e biomecânicas, com alterações significativas nos padrões de recrutamento muscular e na otimização da cinemática escapular (na rotação superior e bácia posterior), durante os movimentos do úmero. Ludewig e colaboradores (2003), examinaram o efeito de um programa de exercícios em casa de alongamento, fortalecimento e reaprendizagem motora obtendo melhorias ao nível da dor e da função

após 10 semanas de tratamento. Já Santos e Matias (2011), realizaram um coorte clínico, longitudinal, retrospectivo, observacional, analítico com 82 sujeitos, divididos em dois subgrupos (n=53 SCSA e n=29 IGU) e apontaram como tempo médio de intervenção 6,45 semanas no subgrupo SCSA e 5,83 semanas no subgrupo IGU.

Um estudo de Martins e Matias (2013), utilizou os dados anteriormente mencionados de Santos e Matias (2011), com o objetivo de identificar indicadores de prognóstico em utentes com DCAO, tendo por base, a avaliação inicial do utente e critérios de alta em fisioterapia considerando uma intervenção terapêutica direcionada para a estabilidade dinâmica da escápulo-torácica. Numa análise univariada, concluíram que existem co-variáveis preditoras associadas à alta dos tratamentos em Fisioterapia: 7 para utentes com SCSA (idade, etiologia: *overuse*, duração dos sintomas, primeira parte da DASH, SPADI, padrão de recrutamento: *feedforward* TI e GD, postura: *shoulder cross syndrome*) e 8 para utentes com IGU (dor no momento, pior dor, primeira, segunda e terceira parte da DASH, SPADI, padrão de recrutamento: *feedforward* TI e *feedback* GD e amplitudes articulares), das quais apenas a primeira parte da DASH e a SPADI são as únicas com associação comum às duas disfunções. Contudo, a magnitude do efeito de cada co-variável não foi suficiente para considerar os vários coeficientes parciais de regressão na definição de modelos preditivos de prognóstico em utentes com DCAO.

Ainda relativamente aos fatores de prognóstico para as DCAO, Van der Heijden (1999) apresentou como fatores que podem influenciar positivamente a evolução da condição do utente possuir dor unilateral, não possuir dor irradiada até ao cotovelo e não possuir sintomatologia na coluna. Além destes, também as expectativas positivas e a motivação são fatores de bom prognóstico. Kuijpers, Van der Windt, Van der Heijden & Bouter (2004), apresentaram uma associação entre a dor no ombro de longa duração (> 3 meses) com pobres resultados, assim como uma associação entre a faixa etária entre os (45–54 anos) também com piores resultados (evidência nível 1). A alta intensidade de dor e os fatores psico-sociais parecem também influenciar o prognóstico da dor crónica do ombro (> 3 meses) relativamente à dor de curta duração (< 6 semanas) (Kuijpers *et al.*, 2006), sendo importante distinguir entre sintomas agudos ou crónicos, antes de decidir a intervenção a realizar. Existem ainda indicadores que associam a morfologia do acrómio (tipo II ou III) a piores resultados no SCSA (Dierks *et al.*, 2014) (evidência nível 3).

4.3.4. Resultados esperados

Após uma intervenção focada na orientação da omoplata, são esperadas melhorias na sintomatologia do utente, na função e, conseqüentemente na qualidade de vida. Roy e colaboradores (2009a) referem que após um programa de 9 semanas baseado nos princípios de controlo motor da ET, os utentes referem melhorias ao nível da dor e da função com desaparecimento do arco doloroso e com pequenas melhorias na cinemática ET. Struyf e colaboradores, demonstraram também entre 4-8 semanas (9 sessões) melhorias ao nível da dor e da função e que essas melhorias permaneceram ao fim de 3 meses. Relativamente ao controlo motor da omoplata, não notaram melhorias significativas após a intervenção nem no momento de follow-up, justificando os resultados pela falta de sensibilidade do teste utilizado na medição do controlo motor. No seu estudo experimental, Worsley e colaboradores (2013) aumentaram a funcionalidade e reduziram a sintomatologia em dez semanas. As melhorias envolvem alterações neurofisiológicas e biomecânicas, com alterações significativas nos padrões de recrutamento muscular e na otimização da cinemática escapular (na rotação superior e bácia posterior) durante os movimentos do úmero. Santos e Matias (2011), concluíram que num tempo médio de intervenção de 6,45 semanas no subgrupo SCSA e de 5,83 semanas no subgrupo IGU, a intervenção baseada na estabilidade dinâmica é efetiva na abolição da dor, no aumento da função e no aumento da estabilidade dinâmica da omoplata com normalização do padrão de recrutamento, controlo motor, posição inicial da omoplata dentro do espectro de normalidade e boa capacidade de controlar a sua posição, ao longo do movimento do membro superior. A intervenção proporcionou, ainda a normalização das amplitudes articulares, da força muscular e autocorreção postural.

Desta forma, propõe-se a realização de uma intervenção com a duração de 7 semanas, com frequência de uma sessão por semana e com duração de 1h00min/sessão.

4.3.5. Critérios de reavaliação e critérios de alta

Os critérios de reavaliação e critérios de alta, para este estudo, foram adaptados a partir dos critérios definidos por Rodrigues e Matias (2009) e Santos e Matias (2011).

Os critérios de reavaliação são expressos no quadro VI:

Quadro VI: Critérios de reavaliação

Critério de Reavaliação	Como é avaliado?
Dor	Todas as sessões, através da EVA (McClure <i>et al.</i> , 2004; Michener <i>et al.</i> , 2004; Voight e Thomson, 2000);
Postura	Semanalmente, pela observação para verificar as alterações posturais (Voight & Thomson, 2000)
Amplitudes de Movimento	Semanalmente, através de goniometria, do diagrama de movimento para registar os ganhos obtidos e <i>end-feel</i> (McClure <i>et al.</i> , 2004; Petty e Moore, 2001);
Força Muscular	Semanalmente, através do uso de testes musculares funcionais (Bang e Deyle, 2000, McClure <i>et al.</i> , 2004; Voight e Thomson, 2000);
Testes Especiais	Semanalmente, para verificar a permanência de condições específicas (Petty e Moore, 2001);
Asterisco Subjectivo	Semanalmente, para avaliar a progressão da condição;
Função (incapacidade e funcionalidade)	Semanalmente, através da aplicação da SPADI (Kirkley, Griffin & Dainty, 2003); Semanalmente, através da aplicação da DASH (Kirkley <i>et al.</i> , 2003);
Controlo Motor da ET: Posição inicial da omoplata	Todas as sessões, através do <i>software</i> de cinemática 3D de forma a verificar se encontra no espectro de normalidade encontrado por Ludewig e colaboradores (2009) : $41.1^\circ \pm 2^\circ$ protração, $13.5^\circ \pm 2^\circ$ báscula anterior e $5.4^\circ \pm 1^\circ$ rotação superior, ou segundo um conceito de distância entre posição de repouso (postura) e a PN. Deve ainda ser avaliada através da observação verificando-se se não existe destacamento do bordo interno ou do ângulo inferior em relação ao toráx.
Controlo Motor da ET: REU	Todas as sessões, através do <i>software</i> de forma a perceber se o movimento da omoplata de encontra na amplitude proposta por Escamilla <i>et al.</i> , 2009) e através da observação de forma a observar a melhoria da qualidade do movimento com controlo da omoplata durante o movimento do MS na fase concêntrica e excêntrica do MS (sem descoaptação, com um movimento suave e contínuo da omoplata (McClure, Tate, Kareha, Irwin & Zlupko, 2009; Voight e Thomson, 2000)

Os critérios de alta são expressos no quadro VII:

Quadro VII: Critérios de alta

Critério de Alta	Inclui:
Abolição da Dor	- <i>Score</i> zero na EVA
Aumento da Estabilidade Dinâmica da Omoplata	- Posição Inicial da omoplata dentro do espectro de normalidade definido Ludewig e colaboradores (2009); - Melhoria da qualidade do movimento com controlo da omoplata durante o movimento na fase concêntrica e excêntrica do MS de forma a perceber se o movimento da omoplata de encontra na amplitude proposta por Escamilla <i>et al.</i> , Yamashiro, Paulos e Andrews (2009), se o movimento é suave e contínuo sem descoaptação da omoplata.
Aumento da funcionalidade.	- <i>Score</i> <2,67 no DASH e <3,66 no SPADI (Mac Dermid <i>et al.</i> , 2007); - Normalização das amplitudes de movimento e da Força muscular; - Auto-correção postural; - Regresso à atividade física e/ ou laboral sem sintomatologia nem limitações.
Conhecimento e integração de estratégias para manter e potenciar os benefícios do tratamento, bem como para prevenir possíveis situações de recidivas	- Conhecimento e capacidade de demonstração dos exercícios de alongamento, estabilidade e autocorreção postural

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A alta incidência e prevalência, e especialmente o impacto na vida pessoal e profissional do utente, constitui um problema para a população e demonstra a necessidade de sintetizar informação e desenvolver intervenções efetivas capazes de responder à natureza multifactorial das disfunções do complexo articular do ombro. O objetivo do presente estudo foi contribuir para o desenvolvimento de um programa de exercícios escapulo-torácicos para utentes com disfunções no complexo articular do ombro, seguindo os princípios de reaprendizagem motora e recorrendo à cinemática tridimensional como informação de retorno. Para uma boa consecução do objetivo do presente estudo e enquadrado na sua natureza metodológica, foi necessário inicialmente definir algumas metas de forma a estruturar a própria pesquisa e as várias fases de desenvolvimento de um programa de exercícios que fosse apropriado, estruturado e fundamentado e que fosse ainda de encontro aos problemas e necessidades dos sujeitos com esta disfunção. De acordo com essas metas, foi então analisada criticamente a efetividade da fisioterapia nas DCAO, foram descritos os modelos e teorias nos quais se centram as várias intervenções dirigidas a estes utentes de forma a fundamentá-las adequadamente, foram analisadas as várias ferramentas utilizadas como informação de retorno e o seu enquadramento no processo de reabilitação de utentes. Por fim, foi então possível desenhar e descrever o programa de exercícios escapulo-torácicos para utentes com DCAO. Procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica, efetuada em bases de dados distintas de forma a abranger o máximo de evidência disponível. A pesquisa focou-se especialmente em revisões sistemáticas com ou sem meta-análise, em ensaios controlados aleatórios e ensaios clínicos controlados que investigassem a implementação de programas de intervenção em fisioterapia em utentes com DCAO no sentido de reunir e sintetizar a melhor informação, segundo um conceito de hierarquia de evidência com base na prática baseada na evidência. Estes estudos foram analisados criticamente de forma a verificar a evidência existente acerca da intervenção em fisioterapia nestes utentes e qual a sua efetividade.

Tendo em conta o papel da omoplata na função normal do ombro e todas as alterações cinemáticas apresentadas nas DCAO, é importante uma avaliação do movimento da omoplata do utente, das suas disfunções e problemas associados, assim como uma compreensão acerca de como o exercício e os modelos de reaprendizagem motora podem contribuir para a sua reabilitação. Mais do que simplesmente diminuir a

dor, a intervenção na disfunção do movimento, com base na estabilidade dinâmica e correção dos padrões de movimento da ET, é importante para corrigir mecanismos de disfunção que, além de diminuir a sintomatologia, são também importantes na prevenção de recidivas.

Os principais problemas encontrados em sujeitos com DCAO prendem-se com a dor (Michener *et al.*, 2003), alteração no padrão de recrutamento motor e no controlo motor da omoplata (Cools *et al.*, 2003; Kibler *et al.*, 2008), alterações posturais (Ludewig & Reynolds, 2009), encurtamentos musculares e dos tecidos (Ludewig & Reynolds, 2009), diminuição da amplitude de movimento (Michener, Waisworth & Burnet, 2004), fraqueza muscular (Michener, Waisworth & Burnet, 2004) e diminuição da funcionalidade e impacto na vida diária (Ludewig & Cook, 2000; (McPhee & Lipscomb, 2009; Michener, Waisworth & Burnet, 2004). A natureza multifactorial desta condição (Michener *et al.*, 2003) tem condicionado a escolha do tratamento mais efetivo e vários são os tratamentos já propostos para estas disfunções (Michener, Waisworth & Burnet, 2004).

De acordo com a primeira meta estabelecida para este estudo, que consistia em identificar e analisar as intervenções mais efetivas na prática clínica para as DCAO, foram analisadas revisões sistemáticas que sistematizam e verificam a efetividade das várias abordagens de tratamento. Da evidência encontrada, no tratamento pode ser aconselhada a cirurgia, contudo os autores sublinham a importância de um tratamento conservador exaustivo de forma a evitar o procedimento cirúrgico. Assim sendo, pareceu importante recolher informação acerca da efetividade das várias técnicas adequadas ao tratamento conservador disponíveis na literatura. Segundo os estudos de vários autores, os meios físicos apresentam poucos ou mesmo nenhuns benefícios na reabilitação do CAO (Green, Buchbinder & Hetrick, 2003; Diercks *et al.*, 2014; Michener *et al.*, 2003), à exceção do laser, que pode ser usado numa fase inicial (aproximadamente 2 semanas) de reabilitação, caso o utente não tolere ainda o exercício (Michener *et al.*, 2004). O exercício parece ser uma opção efetiva e das mais utilizadas em investigação no que toca à reabilitação destes utentes (Michener *et al.*, 2004) e pode incluir técnicas de alongamento, relaxamento muscular, estratégias de aprendizagem motora para normalizar os padrões de movimento e o fortalecimento da coifa dos rotadores e da escápulo-torácica (Michener *et al.*, 2004). Diercks e colaboradores (2014), após analisarem a evidência existente, verificaram que o exercício é mais

efetivo do que a não realização de tratamento e que os exercícios especificamente focados nos estabilizadores da ET e na coifa dos rotadores são mais efetivos que um programa geral de exercícios (Holmgren *et al.*, 2012). A EMG como fonte de *biofeedback*, parece ainda trazer benefícios quando associada ao tratamento conservador baseado no exercício (Gibson *et al.*, 2004), enquanto a cinemática se encontra ainda numa fase inicial de aplicação ao nível da intervenção nas DCAO. A terapia manual é ainda controversa, havendo estudos que demonstram benefícios especialmente ao nível da mobilização dos tecidos moles (Bang & Deyle, 2000). Baseado nestes estudos apresentados, o programa definido neste estudo procurou utilizar o exercício baseado nas estratégias de aprendizagem motora e no alongamento de tecidos moles de forma a ir de encontro à correção das disfunções apresentadas ao nível da ET. Numa fase inicial, em que o utente não tolere o exercício por dor poderá ser utilizado o laser, contudo, tal como referido anteriormente na revisão da literatura, não é necessário esperar pela total abolição da dor, para iniciar um programa de controlo motor, desde que os exercícios não despertem sintomatologia, uma vez que a melhoria no controlo motor atua como um inibidor da dor.

Outra das metas propostas neste estudo era identificar e descrever os modelos e teorias nos quais assenta a intervenção da fisioterapia com base em exercícios escapulo-torácicos. O interesse no conceito de controlo motor partiu da importância deste processo na coordenação das respostas motoras que regulam o movimento e a estabilidade articular funcional. Na realização de uma tarefa existe um programa motor que contém normas gerais para a realização dessa ação e o movimento é controlado segundo dois mecanismos: *feedback* que promove correções circunstanciais dos erros do movimento durante a sua realização e *feedforward* que antecipa o movimento. Especialmente as ações rápidas têm de ser organizadas antecipadamente (segundo um mecanismo de *feedforward*) e armazenadas na memória, dado que o mecanismo de *feedback*, é muito lento para o controlo destas ações e, como tal, insuficiente. Ao longo da vida, existe um processo contínuo de avaliação no qual o sujeito avalia as condições iniciais e o objetivo do movimento, seleciona e produz a resposta através dos parâmetros do programa motor geral e, mais tarde, avalia a resposta (conhecimento de resultados) e as consequências sensoriais comparando-as com as condições iniciais e verificando assim a sua eficácia. O sujeito move-se assim de variadas formas, mas respeitando um certo padrão de movimento, utilizando esses programas motores

(conjunto de comandos pré-programados) (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). Neste programa, pretende-se estimular um conjunto de comandos para um correto padrão de movimento da ET durante os movimentos do MS, dado que ao nível do ombro, os programas motores tornam-se relevantes sendo o controlo da posição estática e dinâmica acompanhado por um padrão de ativações musculares que colocam a omoplata na posição ótima (Nieminen, Niemi, Takala, Viikari-Juntura, 1995). Ao considerar as alterações fisiológicas que ocorrem durante uma lesão e os sintomas causados pelo uso e desuso, é então importante durante a intervenção, realinhar a omoplata na sua posição ideal e recrutar os músculos estabilizadores para manter esta posição. O objetivo primário do tratamento é, deste modo, ativar os músculos estabilizadores na postura ideal da ET, de forma a otimizar a posição da GU e a permitir a sua mobilidade e a estabilidade do CAO durante os movimentos do MS (Mottram, 1997).

A posição inicial de repouso da omoplata é um fator importante a avaliar na prática clínica, devendo apresentar uma ligeira angulação de 30° no plano frontal, sem se observar uma proeminência nem do ângulo inferior nem do bordo interno, assim como uma posição para a frente e para baixo do acrómio (postura associada à presença de conflito sub-acromial). Panjabi (1992), definiu estabilidade segundo um conceito de zona neutra e instabilidade numa situação em que a zona neutra está anormalmente aumentada, o que me levou a ter em conta, na realização deste programa, esta amplitude como uma amplitude importante para corrigir as disfunções da ET. Outros autores têm aplicado este conceito ao nível CAO, e têm verificado uma dificuldade em controlar a posição e o movimento da omoplata. Olhando para o movimento normal, durante o movimento máximo de elevação do úmero, a omoplata normalmente roda superiormente 45–55°, faz uma báscula posterior de 20–40° e roda externamente entre 15–35° (Escamilla *et al.*, 2009). Já no que toca a utentes com disfunção, vários estudos notaram alterações na cinemática em utentes com DCAO, especialmente uma diminuição da báscula posterior e da rotação superior e um aumento da protração da ET, assim como uma translação superior e anterior e uma rotação interna da GU (Borstad *et al.*, 2009; Hebert, Moffet, McFadyen, & Dionne, 2002; Ludewig & Braman 2010; Ludewig & Cook, 2000; Ludewig & Reynolds, 2009; McClure *et al.*, 2006). Acredita-se que o SCSSA está relacionado com estas alterações cinemáticas, dado que o acrómio não se afasta adequadamente do úmero, reduzindo o espaço sub-acromial durante a elevação

do MS e, que repetidamente, provoca uma compressão na coifa dos rotadores e/ou da bursa sub-acromial (Michener *et al.*, 2003). Nestes utentes com DCAO a zona neutra parece estar assim alterada por uma disfunção neuro-musculo-esquelética, havendo um fraco controlo dinâmico não só por alterações no nível de atividade muscular, como nos padrões de recrutamento. Vários são mecanismos que contribuem para a cinemática escapular anormal, tais como a dor, encurtamentos musculares (mais especificamente do músculo pequeno peitoral) e da cápsula posterior, fadiga, alterações posturais torácicas (cifose torácica aumentada) e deficiente controlo motor dos músculos escápulo-torácicos (Borstad & Ludewig, 2006; Ludewig & Cook, 2000; Matias & Pascoal, 2006; Michener, McClure, Karduna, 2003; Yang *et al.*, 2007), sendo importante considerá-los na reabilitação.

A estabilidade dinâmica da ET é uma componente importante para restaurar a estabilidade articular funcional, e o programa apresentado tem por base este conceito para atingir os objetivos estipulados. Hess (2000) estabeleceu 4 princípios para o ganho de estabilidade dinâmica: promover o controlo local através de contrações musculares numa posição intermédia (posição estática inicial); integrar e desenvolver um controlo automático (uma vez atingido o controlo na posição neutra, deverá ser pedido um controlo de movimento); progredir gradualmente para posições mais instáveis; e controlar a posição com carga adicional e com maior velocidade para um treino funcional. Estes 4 princípios foram aplicados durante a realização do programa, os quais foram importantes na definição de exercícios e nos critérios de progressão entre fases.

A aprendizagem motora em conjunto com o controlo motor, surgiram na análise da evidência como dois conceitos essenciais para a normalização da função. Na aquisição de uma nova habilidade motora, o treino do movimento pode induzir uma organização a nível cortical e contribuir para melhorias na performance motora durante a realização de uma tarefa (Tsao, & Hodges, 2007). De forma a reabilitar eficazmente os padrões de movimento da ET, o treino do movimento deverá ser baseado nas melhores estratégias disponíveis para facilitar a aprendizagem motora (Roy *et al.*, 2009b). Fitts e Posner (1967), descreveram uma teoria de aprendizagem motora a partir de uma perspetiva temporal, sugerindo três fases envolvidas na aprendizagem de um nova habilidade motora e algumas técnicas facilitadoras de aprendizagem, a qual serviu de base para definir as 3 fases de tratamento neste programa, o qual está direcionado para as capacidades do utente.

Fase de Consciencialização

Esta fase de intervenção coincide com o estadio cognitivo e pretende-se sobretudo que o sujeito aprenda a reconhecer e a manter a ET na zona neutra, inicialmente com o MS na posição neutra, e mais tarde, a 60° de forma a otimizar a posição da glenoide nos movimentos de elevação do MS. É uma fase na qual o indivíduo deve compreender a tarefa e encontrar estratégias para a realizar. Por ser uma fase que exige muita atenção, apenas na fase seguinte lhe é proposto que desvie a atenção da sua tarefa. O feedback torna-se importante nesta fase de intervenção e, neste programa, além de um feedback táctil e auditivo por parte do fisioterapeuta, recorreu-se a um instrumento de cinemática tridimensional, o qual tem demonstrado ser importante não só para diagnóstico, mas também na realização de exercícios indicados no tratamento das disfunções encontradas na prática clínica. Pode-se considerar que existem dois objetivos na reabilitação do controlo motor. Um deles é ganhar consciência e a capacidade de ativar os músculos estabilizadores profundos da omoplata sem sobreposição dos músculos mobilizadores e manter essa ativação durante a atividade (Magarey & Jones, 2003). Nesta abordagem de tratamento a utilização de eletromiografia como informação de retorno tem sido utilizada e demonstrada como efetiva (Santos, & Matias, 2007). Outro objetivo é a realização de padrões de movimento da ET ideais (Magarey & Jones, 2003). Ambos envolvem o treino de um programa motor e, portanto, a ativação controlada de pares de força usando estratégias de controlo de postura ou de movimento facilitada por imagens visuais (Magarey & Jones, 2003), todavia, nesta última abordagem, a análise cinemática tridimensional parece ter um papel mais importante informação de retorno, demonstrando em tempo real, a posição da ET. Foi então escolhido este instrumento como fonte de *biofeedback* e, com a sua ajuda, o utente consegue assim aperceber-se dos erros ocorridos durante a realização da sua tarefa, os quais são normais nesta fase, armazenar as estratégias que funcionam e abandonar as que não são uteis no desempenho de um correto padrão de movimento da ET. Na fase de consciencialização, o utente tem de cumprir 3 parâmetros de progressão, para progredir para a fase associativa.

Foram selecionados exercícios para a orientação dinâmica da omoplata, com o objetivo de promover uma consciencialização da Zona Neutra da ET através da contração isométrica dos músculos estabilizadores da omoplata: trapézio e o GD

(Mottram, 1997). Este autor refere que inicialmente o exercício de recolocar a omoplata na posição inicial pode ser difícil para o utente devido a alterações nos comprimentos musculares e tecidulares passivos, assim como por inibição muscular, e que o fisioterapeuta deve incentivar a sua colocação nesta posição através de exercícios isométricos. Segundo Richardson & Jull (1995), os exercícios devem ser realizados com baixa carga e, nesta fase, a posição deve ser mantida 10 segundos durante 10 repetições.

No segundo parâmetro aumentou-se a complexidade da tarefa ao reforçar que o utente deve conseguir contrair os músculos estabilizadores locais (TI e GD), sem sobreposição dos músculos mobilizadores (TS e DA), não apresentando assim compensações (O'Sullivan, 2000). Além disso, ao variar as posições na realização do exercício, consegue-se uma progressão na intervenção, uma vez que segundo, Cools e colaboradores (2007), a posição corporal influencia a atividade muscular e consequentemente os rácios entre os músculos escapulo-torácicos. Os exercícios em decúbito ventral e lateral exigem um menor controlo postural, ao contrário da posição ortostática. No último parâmetro, é ainda pedido ao utente que comece a dissociar o movimento da respiração (O'Sullivan, 2000), sendo esta outra compensação apresentada pelos utentes durante a realização da atividade (Richardson & Jull, 1995). Foi ainda pedido que encontre a Zona Neutra numa posição de elevação do MS a 60°, e se possível sem despertar sintomatologia, a 90°. Este exercício em elevação do ombro pode ser usado nesta fase de consciencialização, mas não numa fase inicial do tratamento, de forma que foi proposto como último parâmetro de progressão desta fase, para que o utente saiba reconhecer a Zona Neutra numa posição de elevação do MS, e possa progredir para uma fase com associação de movimentos dinâmicos. Para que o utente atinja este parâmetro foi selecionado, um exercício isométrico em cadeia cinética fechada, promovendo a co-contração dos estabilizadores da ET. Nesta fase propôs-se a realização de vários exercícios em cadeia cinética fechada dado que promovem a aproximação da articulação e promovem a co-contração dos músculos estabilizadores (Cools *et al.*, 2008). Não foram selecionados exercícios em decúbito dorsal de forma evitar que o contacto dos elétrodos com a marquesa possa influenciar os resultados apresentados na imagem 3D em tempo real.

Fase Associativa

O segundo estadió de aquisição de uma habilidade motora é o associativo. Nesta segunda fase de intervenção pressupõe-se que o utente tenha já selecionado a melhor estratégia para a tarefa e começa a refinar a habilidade. Então foi então pretendido o controlo da ZN durante atividades dinâmicas do MS, e além disso, foi ainda exigida uma correção da posição da omoplata na posição neutra sem compensações com um maior tempo de contração e um menor grau de esforço requerido que na fase anterior. Espera-se uma variabilidade no desempenho menor, com grau de erro pouco elevado e com movimentos mais harmoniosos, revelando assim o desenvolvimento de referências internas (sensoriais) de correção da resposta (Godinho *et al.*, 2007; Shumway-Cook & Woollacott, 2001).

Nesta fase, os aspetos verbais da aprendizagem são menos relevantes dado que a concentração do indivíduo está mais dirigida para o aperfeiçoamento da habilidade motora do que na procura de estratégias para a desempenhar, esperando-se cada vez um menor grau de atenção de esforço requerido. Ao compreender e controlar as relações entre as diferentes componentes do movimento, o utente começa a modificar e adaptar a sua resposta às exigências do envolvimento, testando novas soluções para produzir a ação motora. Assim, nesta fase deve-se proporcionar ao sujeito situações que o obriguem a adaptar e aplicar o padrão de movimento adquirido a novas situações, e deve prolongar-se por mais tempo que a fase anterior (Godinho *et al.*, 2007), o que me levou a aumentar o tempo de contração na Zona Neutra da ET e a associar movimentos dinâmicos da ET, de forma a proporcionar novos desafios.

Nesta segunda fase do programa, o utente tem de cumprir 3 parâmetros, para progredir para a fase autónoma. No parâmetro número 4 são então introduzidos os movimentos dinâmicos e uma manutenção da contração por mais tempo. O grau de elevação do MS, vai aumentando consoante o parâmetro, progredindo de zonas mais estáveis para zonas onde é mais fácil perder o controlo da ET. Este aumento do grau de elevação prende-se com o facto de se aproximar o mais possível das AVD's do utente, criando uma base para a progressão da próxima fase de aprendizagem motora. Em utentes com dor crónica, O'sullivan (2000), propõe que nesta fase, o movimento que causa dor pode necessitar de ser repartido em componentes de movimento, o que influenciou a minha opção em dividir o movimento de elevação do MS em 3 graus (60°, 90° e 120°). Com o progredir dos resultados, vai sendo exigido cada vez menos esforço

para a realização da tarefa. Nesta fase foram selecionados exercícios com movimentos dinâmicos da GU, com o objetivo promover a estabilidade da ET, de forma a criar uma base estável ao movimento do CAO. Em todos os exercícios é então inicialmente pedido ao utente que estabilize a sua omoplata (depressão e retração) e, mesmo com o movimento da GU, pretende-se que durante a execução dos exercícios haja uma inibição de TS e uma maior ativação de TI, TM e GD, cuja co-contração permita manter a zona neutra da ET. Os exercícios foram selecionados segundo um conceito de rácios, o qual favorece exercícios com baixos rácio TS/TI e TS/GD. Esta seleção de exercícios segundo o seu rácio foi proposto por (Ludewig *et al.*, 2004) e pretende focar a importância da sua utilização em utentes que apresentem desequilíbrios musculares da ET. Além dos exercícios em cadeia cinética fechada (por exemplo o exercício de *push-up*), de modo a promover os mecanismos de propriocetividade, co-contração muscular e estabilidade dinâmica articular, foram tidos em conta nesta fase intermédia, os exercícios de cadeia cinética aberta uma vez que, maioria dos desportos, assim como as AVD's, são realizados movendo o membro superior livremente no espaço com cargas externas associadas (beber água, elevar objetos, utilizar raquetes de ténis, bolas de basquetebol, entre outras).

Fase Autónoma

Por fim, o terceiro estadio é o autónomo, e nesta fase, já se espera que haja um automatismo da habilidade motora demonstrando um baixo nível de atenção para o seu desempenho (Shumway-Cook & Woollacott, 2001). O grande objetivo nesta fase da intervenção é pensar na reintegração do utente nas suas atividades. Neste estadio o sujeito pode começar a dedicar a sua atenção a outros aspetos como procurar no ambiente os obstáculos que possam impedir o desempenho, antecipar a resposta a determinado estímulo, concentrar-se numa tarefa secundária ou até reduzir custos energéticos para evitar a fadiga. Nesta fase existe um baixo grau de erro, nota-se uma elevada estabilidade e consistência da resposta e a ação motora é realizada de forma eficaz e económica no que respeita os custos cognitivos e energéticos. Por este motivo pretendeu-se reduzir o feedback cinemático 3D nesta fase, dado o utente não necessitar dele, como nas fases anteriores, para produzir um correto padrão de movimento. A melhoria de desempenho tende a estabilizar e as modificações do mesmo são relativamente lentas (Godinho *et al.*, 2007).

Nesta terceira fase, o utente tem dois parâmetros a cumprir associados às suas atividades da vida diária, o que implica dedicar a sua atenção para outros pormenores relacionados com a sua atividade (por exemplo, contornar um pin para rematar à baliza). Além da realização dos exercícios de estabilização dinâmica, nesta última fase a realização das tarefas funcionais que o utente realiza no seu dia-a-dia (atividade desportiva, laboral ou de ocupação) devem também ser reproduzidas, permitindo uma simulação controlada dessas tarefas (Myers *et al.*, 2006), estabelecendo-se assim mais um critério a cumprir na fase final da intervenção. A diferença entre os dois parâmetros desta fase, é que no primeiro o feedback é reduzido uma vez que deve já começar a haver uma automatização do controlo da zona neutra e da direção da ET e, no último, há uma total abolição de feedback durante o treino funcional de forma a reintegrar o utente nas suas AVD's, sendo este um importante critério para a alta da fisioterapia. Nesta última fase, foram selecionados exercícios mais direcionados para as AVD's, acrescentando-se movimentos em diagonal e atividades pliométricas.

Conclui-se com a análise bibliográfica que o treino devidamente orientado segundo os 3 estadios apresentados, contribui significativamente para a reversibilidade das alterações corticais associadas à dor. No entanto, Magarey e Jones (2003) sugerem que, após a alta, um utente que tenha tido dor no ombro, precisa continuar a monitorar continuamente o seu controlo dinâmico e praticá-lo regularmente, ou este tende a ser perdido. Outro fator importante a considerar é o facto de sujeitos cuja atividade profissional ou desportiva exija atividades do MS acima do nível da cabeça, pode ser necessária uma progressão mais direcionada para o fortalecimento do MS, e pode ser também importante avaliar e promover o controlo de outras regiões como a região abdominal e glútea desde o primeiro dia de tratamento.

Justificação para a seleção de exercícios

Os fisioterapeutas são confrontados ao longo da sua atividade profissional com vários exercícios para a GU e ET, sendo a sua seleção por vezes difícil. De uma forma geral podem ser recomendados o alongamento para estruturas que podem limitar o movimento escapular desejado (músculo pequeno peitoral, trapézio superior e cápsula posterior) e o fortalecimento daquelas que produzem um adequado movimento escapular (TI e GD). O fortalecimento não vai de encontro à hipertrofia, mas sim a abordagens neuromusculares para o aumento do controlo motor da escápulo-torácica,

sendo os exercícios realizados com uma baixa a moderada resistência (Ludewig & Reynolds, 2009) com uma progressão entre 40-60% de 10RM, abaixo dos limiares da hipertrofia muscular. Ludewig e Reynolds (2009) defendem que os exercícios de baixa carga são ainda importantes para facilitar um correto tempo de recrutamento muscular e que um treino com elevada carga apenas vai reforçar um padrão cinemático mais pobre.

Os exercícios escolhidos foram direcionados para a estabilidade da ET, sendo que alguns deles favorecem também a ativação da coifa dos rotadores. Não houve tanta preocupação em selecionar exercícios direcionados exclusivamente para a GU, uma vez que, segundo Kebaetse, McClure, e Pratt, (1999), uma posição da omoplata em protração diminui a ativação da coifa dos rotadores em 23% e a alteração da posição da omoplata numa postura correta (retração), resulta num aumento estatisticamente significativo da medição objetiva da força destes músculos em pacientes com ou sem disfunção (Kibler, Sciascia & Dome, 2006).

Num estudo de Oyama e colaboradores (2010), demonstraram que a realização de dois exercícios de retração da omoplata pode ser benéfica, com base na sua cinemática e em níveis de atividade muscular escapular e clavicular. Há também evidências para a efetividade do treino corretivo do movimento, pensado para influenciar os pares de forças em torno da omoplata, em pacientes com SCSA. Mottram e colaboradores (2009), estudaram e demonstraram em sujeitos assintomáticos, que apenas controlando a omoplata, após o ensino do movimento de báscula posterior e rotação superior, um aumento na ativação das 3 porções do trapézio, sugerindo assim que uma ótima postura pode assim ser treinada influenciando a componente muscular. Os exercícios escolhidos neste programa tiveram em conta não só os resultados de exercícios direcionados para a promoção dos padrões de movimento tridimensional da omoplata, mas também o conceito de ativação muscular, já demonstrado como efetivo na reabilitação das DCAO através de análises electromiográficas. Moreira e Matias (2010), desenvolveram um estudo que pretendia descrever os rácios de intensidade de ativação dos músculos TS/TI e TS/GD, em sujeitos assintomáticos, durante a realização de diferentes exercícios direcionados para a fase de consciencialização de um plano de intervenção baseado nos princípios de reaprendizagem motora. Com o auxílio de EMG, selecionaram quatro exercícios que solicitam a depressão e a retração da omoplata em decúbito ventral, lateral, sentado e sentado com o apoio dos membros superiores, provando serem apropriados para solicitar uma maior ativação do TI e GD, com menor ativação do TS,

numa fase inicial de reabilitação. Estes exercícios foram então selecionados para a fase inicial deste programa, não só por se preocuparem com a ativação dos músculos estabilizadores da omoplata, mas também por promoverem um correto padrão do movimento da ET. No final da fase de consciencialização adaptou-se um exercício de Kibler (1998) de forma a recrutar os padrões de movimento da omoplata em cadeia cinética fechada em elevação do MS, de forma a promover ao sujeito uma consciencialização dos movimentos da ET numa posição de elevação da GU, para que seja mais capaz de progredir para a fase seguinte. Este exercício reproduz padrões fisiológicos normais de co-contracção dos estabilizadores da ET e da GU, proporciona um mínimo de stress e permite que ocorra uma biomecânica normal de concavidade/compressão e rotação, podendo ser realizado 3 semanas após cirurgia para instabilidade e reparação do labrum e 5 semanas após cirurgia da coifa dos rotadores (Kibler, 1998).

Como referido na revisão da literatura, o treino do músculo GD tem sido altamente aconselhado tendo em conta que é o único músculo da ET capaz de realizar todas as 3 rotações desejadas da omoplata. Alguns exercícios foram já analisados e demonstrados, através de eletromiografia, como bons exercícios para promover a ativação muscular do GD e alguns deles foram incluídos no programa proposto pelo presente estudo: *push-up plus*, *Knee push-up plus* e *Wall push-up plus*, o “*dynamic hug*”, o *supine “punch”*, o “*Wall slide exercise*”(Decker, Hintermeister, Faber, Hawkins, 1999; Ludewig *et al.*, 2004; Ludewig & Reynolds, 2009) e *Inferior Glide exercise* (Kibler *et al.*, 2008). O exercício *push-up plus*, além da sua importância ao nível da ET pela ativação do GD, demonstrou-se ainda importante para os estabilizadores da GU, por ativar as porções superior e inferior do músculo subescapular. O exercício “*Wall slide exercise*” é um exercício indicado para a ativação do GD, por se realizar acima dos 90° (posição onde se verifica uma maior contração deste músculo) e é sugerido em fases precoces da intervenção por induzir menos dor face a outros exercícios com elevação do MS. Este exercício deve apenas ser excluído se o utente utilizar demasiada ativação do TS (encolher os ombros) como compensação. O exercício *Inferior Glide* é um exercício isométrico com ênfase na depressão da cabeça umeral e na retração da ET e, além de promover bons níveis de ativação do GD e TI, promove reduzidos níveis do TS e do deltóide (anterior e posterior) (Cricchio & Frazer, 2011; Kibler *et al.*, 2008). Kibler, Sciascia e Wilkes (2012), referem que este exercício

pode ser realizado numa fase precoce da intervenção por exigir pouca amplitude de movimento. Foi excluído o *supine “punch”* uma vez que, apesar de ser aconselhado numa fase inicial do tratamento pela facilidade em estabilizar a omoplata contra a marquesa, o contacto dos sensores e cabos com a marquesa, pode interferir com o *feedback* dado ao utente.

Especificamente para o TI, responsável pela rotação externa e por contribuir para a rotação superior, existem exercícios testados, demonstrando rácios favoráveis entre o TI e o TS: “*shoulder flexion in the side-lying position up to 135°*”, “*prone horizontal abduction with external rotation*”, e “*shoulder external rotation in side lying*” (Bitter *et al.*, 2007; Cools *et al.*, 2007; Cricchio & Frazer, 2011; Reinold *et al.*, 2004) e “*prone shoulder external rotation at 90° of abduction*” (Ekstrom *et al.*, 2003). O exercício *shoulder external rotation in side lying*, é um exercício realizado em decúbito lateral e além de apresentar um bom rácio TS/TI, maximiza também o músculo infraespinhoso, quando executado a baixas cargas. Quando realizado com uma almofada junto ao tronco, de forma a exigir a adução do MS, ajuda ainda a diminuir a ativação do DA (Reinold *et al.*, 2004). Cricchio & Frazer, (2011) referem que este exercício apresenta então um bom rácio TS/TI, TS/TM e Infraespinhoso/DA e, como tal, é então importante para a ET, mas também para a GU. Além disso, referem que a postura em decúbito lateral, minimiza o TS, por eliminar o efeito da gravidade, que por conseguinte, minimiza o seu papel postural (Cools *et al.*, 2007), dando-se então preferência neste decúbito na realização deste exercício. Além deste, Raposo e Matias (2010), num estudo identificaram ainda outros exercícios de interesse, dos quais foi selecionado o exercício de Abdução/Adução (0°-90°) da GU em decúbito lateral, uma vez que além de bom rácio TS/TI, e um rácio razoável TS/GD, apresenta a vantagem de, tal como o exercício anterior, ser realizado um decúbito lateral e numa baixa amplitude de elevação do MS, sendo um bom exercício para iniciar o treino da omoplata com exercícios dinâmicos, uma vez que esta postura, minimiza a ativação do TS. Além disso, este exercício é executado com depressão e retração da ET, promovendo um correto padrão de movimento. Foram ainda selecionados os exercícios de Flexão/Extensão da Gleno-umeral até 90° e Abdução/Adução até 60° na posição ortostática pois estes autores verificaram ser os melhores exercícios com base nos rácios TS/TI e TS/GD, aumentando-se contudo a amplitude da abdução até 90°, dada a importância de progredir na amplitude da ET para amplitudes utilizadas nas AVD's. O

exercício *prone horizontal abduction with external rotation* é também importante para os estabilizadores da ET e da GU apresentando um baixo rácio Deltoide/supra-espinhoso e baixo rácio TS/TI. Este exercício inicialmente foi descrito a 100° de abdução horizontal, mas apesar de promover um bom nível de ativação do supra-espinhoso, aumentava os níveis de ativação do deltoide (Cricchio & Frazer, 2011; Reinold *et al.*, 2004).

Cools e colaboradores (2007), demonstraram que estes 3 exercícios (“*shoulder flexion in the side-lying position up to 135°*”, “*prone horizontal abduction with external rotation*”, e “*shoulder external rotation in side lying*”) e o exercício *prone extension*, apresentam baixos rácios TS/TM e baixos rácios TS/TI. De Mey e colaboradores (2013), analisaram os 4 exercícios e sugerem, após um estudo com sujeitos assintomáticos, que é de grande importância uma consciente correção da orientação da omoplata, pois promove uma elevada ativação das 3 porções do músculo trapézio em dois exercícios particulares de reabilitação ombro: *prone extension* e *sidelying external rotation*. Este controlo consciente da posição da omoplata parece ser considerado uma boa abordagem de tratamento, especialmente com estes dois exercícios, sendo relevante para melhorar a propriocepção, normalizar a posição inicial da omoplata em repouso e promover a ativação muscular do trapézio, ou seja, promover a melhoria na coordenação neuromuscular e de deficits de força. Apesar de não encontrarem uma melhoria nos rácios TS/TM e TS/TI como esperavam, os autores sublinham que os resultados com ou sem controlo da omoplata foram idênticos, o que mostra que os 4 exercícios por si só são considerados úteis para melhorar o controlo escapular, de forma que todos foram selecionados para o programa apresentado.

Outro estudo que demonstrou a importância da escolha dos exercícios baseada na cinemática e não apenas no nível de ativação muscular, foi um estudo de Thigpen e colaboradores, (2006) que comparou a cinemática escapular e a atividade muscular durante dois exercícios (*full-can* versus *empty-can supraspinatus exercises*), determinou que enquanto os dois exercícios resultaram num equivalente nível de ativação muscular, a análise cinemática demonstrou que *full-can exercise* pode ser realizado sem comprometer o espaço subacromial ao contrário do *empty-can exercise*. De uma forma geral, nesta abordagem, os exercícios que visam mover a omoplata para rotação superior, retração e tilt posterior, são aqueles que demonstram maior interesse (Ludewig

& Braman, 2011) e, portanto foi selecionado o *full-can exercise* e excluído o *empty-can exercise*.

Os resultados dos estudos baseados em cinemática foram ainda importantes para a escolha dos exercícios de *Push-up Plus*. Apesar dos estudos de EMG demonstrarem o aumento da atividade do GD e a diminuição do TS (Ludewig *et al.*, 2004), não foi selecionada para este programa a variante *wall push-up*, pois promove uma diminuição da rotação superior e o aumento da rotação interna, favorecendo a diminuição do espaço acromial e, como tal o SCSA (Lunden *et al.*, 2010).

Como progressão para a fase final da intervenção foram ainda introduzidos exercícios baseados em atividades funcionais, percorrendo os vários graus de amplitude da GU e com aplicação de cargas (Lin *et al.*, 2005; Ludewig & Cook, 2000). Este aumento da carga é justificado pelo facto de levar a alterações no padrão de movimento da ET, aumentando a rotação interna (Ludewig & Cook, 2000), aumentando assim a complexidade da tarefa. A escolha dos exercícios funcionais selecionados partiu do princípio de simularem actividades simples do dia-a-dia como ir buscar um copo a uma prateleira, praticadas praticamente por toda a população. Contudo, a selecção de exercícios deve ter em conta as verdadeiras actividades diárias do sujeito e as suas expectativas face ao tratamento. Para um desportista pode ser máis útil e motivante a simulação de gestos técnicos com bola ou peso, devendo ter-se em conta o princípio da especificidade do treino. Foi selecionado também um exercício pliométrico dada a sua importância na preparação muscular para o retorno à função fisiológica normal (Kibler, 1998). As actividades pliométricas são importantes ao nível do controlo neuromuscular e da estabilidade articular funcional, promovendo melhorias na propriocepção, velocidade e tempo de reacção, força e potência muscular (Swanik, *et al.*, 2002; Andrews, Harrelson e Wilk, 2004). O treino pliométrico resulta em adaptações neurais e periféricas resultando na melhoria no sentido de posição e movimento articular (Swanik, *et al.*, 2002). A selecção destes exercícios seguem o mesmo conceito, e devem ser adaptadas às actividades do sujeito. A escolha do exercício pliométrico deste programa de exercícios prendeu-se com o facto de partir de uma posição idêntica aos exercícios realizados anteriormente estabelecendo assim uma progressão, por apresentar bons níveis de activação dos músculos escapulares (Ellenbecker & Cools, 2010) e por promover uma melhoria no tempo de reacção. Contudo, um jogador de andebol pode sentir necessidade de realizar um treino de remate à baliza, enquanto um praticante de fitness poderá ser

mais facilmente motivado por uma progressão do exercício pliométrico de *push-up* (flexão dos cotovelos, seguida de extensão dos mesmos e elevação das mãos relativamente ao solo). Sublinha-se assim a importância de os fisioterapeutas não seguirem um programa de exercícios de forma rígida, devendo adaptá-lo de acordo com as necessidades, motivação do utente e princípios do treino. Foi ainda adicionado um exercício em diagonal, que apresenta bons níveis de activação do GD (Ekstrom *et al.*, 2003). Os padrões de facilitação neuromuscular proprioceptiva (PNF), combinam movimentos nos três planos (frontal, sagital e horizontal) e são importantes para reeducar a coordenada co-contracção muscular através de gama completa de movimento, promovendo o aumento da força e resistência. Estes padrões são definidos como um sistema para promoção da resposta dos mecanismos neuromusculares para estimular os proprioceptores (Gibson, 2004). Mais uma vez, podem ser realizadas outras diagonais, dependendo das actividades do utente. Neste estudo, foi seleccionado uma diagonal baseada nos bons níveis de activação do músculo GD, dada a sua relevância descrita ao longo deste estudo, contudo, para um nadador, um treino na diagonal de D2 para extensão com as componentes (extensão, adução e rotação interna) é mais direccionado com os movimentos da sua prática desportiva. Numa fase inicial de tratamento podem também ser utilizadas técnicas de PNF para os movimentos da omoplata, em utentes com dificuldade em dissociar os vários movimentos pretendidos para atingir a PN (protração/retração, elevação/depressão, e rotação superior/inferior e diagonais), ou após uma cirurgia em que se pretenda trabalhar as componentes musculares da omoplata minimizando a sua inibição muscular durante um periodo de imobilização da GU (Gibson, 2004; Paine & Voight, 2013).

Alguns estudos em sujeitos assintomáticos (Borstad *et al.*, 2009) e sintomáticos (Su *et al.*, 2004) verificaram que ao realizar tarefas/exercícios que promovam a fadiga, resulta na diminuição da potência da frequência nos músculos GD, TS, TI e Infraespinhoso e especialmente numa diminuição de báscula posterior e no aumento da protração, contribuindo para alterações cinemáticas da escápulo-torácica que são similares às alterações presentes em sujeitos com SCSA). Segundo (Willigenburg, Kingma, Hoozemans e van Dieën, 2013), também a dor pode também afetar a propriocepção, os padrões de ativação muscular e consequentemente a cinemática. A realização dos exercícios deve então ser realizada sem dor e de forma a não promover a fadiga os sujeitos têm 2 minutos de repouso entre cada exercício (Crow, Pizzari & Buttifant, 2011).

Justificação para o recurso de *biofeedback* cinemático tridimensional

Para o programa deste estudo, foram analisados e utilizados exercícios com efetividade comprovada para a promoção da estabilidade articular, e foi dado um especial enfoco na capacidade de o indivíduo orientar a posição da omoplata durante a realização dos vários exercícios previamente comprovados pelos vários autores. A relação próxima entre a omoplata e a função normal do ombro justifica a ênfase na tentativa de reabilitar o controlo da ET, nos programas de intervenção em fisioterapia para as DCAO (Mottram, 1997). A correta orientação escapular durante o tratamento baseado na aprendizagem motora é um fator chave para o restabelecimento da função normal do ombro, uma vez que o treino num padrão de movimento incorreto poderá reforçar esse padrão (Magarey & Jones, 2003) e, além disso, a correta orientação da omoplata pode influenciar não só a função da articulação GU, mas também a função da musculatura da coifa dos rotadores (Ludewig & Reynolds, 2009). O uso de *biofeedback* através de equipamentos eletrónicos tem emergido com o desenvolvimento de novas tecnologias e pode fornecer, em tempo-real, ou após o movimento, ao utente informação de forma a corrigir respostas fisiológicas alteradas, complementando assim o feedback intrínseco inerente à realização da tarefa e ao fisioterapeuta pode oferecer informação relevante para dar instruções ao utente sobre a forma de modificar os padrões de movimento (Tate & Milner, 2010). O feedback extrínseco pode ser dado também pelo fisioterapeuta através de estímulos verbais, auditivos ou tácteis e a sua utilização tem-se demonstrado efetiva na dor e nos padrões cinemáticos (Roy *et al.*, 2009b).

Para a realização deste estudo, estabeleceu-se como terceira meta a identificação de ferramentas relacionadas com a informação de retorno, e de acordo com a análise crítica dos estudos encontrados e o objetivo do programa de exercícios proposto neste estudo, pretendeu-se utilizar e descrever a importância de cinemática tridimensional como informação de retorno no processo de reabilitação de sujeitos com DCAO. Os métodos de *feedback* até então utilizados baseados na eletromiografia, apesar de se demonstrarem facilitadores na reaprendizagem motora, apenas interpretam resultados face à ativação de alguns grupos musculares, que por si só, pode não resultar no movimento cinemático desejado (Thigpen *et al.*, 2006). O *biofeedback* cinemático 3D, com sensores de superfície é um método válido para identificar as anomalias no movimento da omoplata associadas às DCAO (Karduna *et al.*, 2001), e pode tornar perceptível, através de imagens em tempo real, a informação biomecânica do movimento

da sua omoplata durante a realização de uma atividade com o MS. Antunes e colaboradores (2014), realizaram um estudo com o objetivo avaliar a eficácia do *biofeedback* cinemática 3D durante exercícios focados na omoplata com base na fase de consciencialização e na fase associativa segundo os estadios propostos no presente estudo. Estes autores demonstraram ser uma ferramenta efetiva para aumentar a qualidade da execução dos exercícios e concluíram que os indivíduos que tiveram acesso ao *biofeedback* cinemático obtiveram melhorias ao nível do controlo de movimento 3D da ET durante as várias tarefas analisadas. Concluíram ainda que esta ferramenta pode ajudar os indivíduos a alcançar metas na reabilitação com base na reaprendizagem motora e a melhorar o processo de tomada de decisão na prática clínica ao quantificar o desempenho do movimento humano. Já Ribeiro e Matias (2012) tinham também obtido resultados favoráveis à utilização deste instrumento, demonstrando que, na tarefa de reconhecimento da zona neutra da omoplata, o *biofeedback* cinemático é mais efetivo do que o *feedback* clínico ou a inexistência de *feedback*.

Na medição da cinemática do ombro durante o movimento este é visto como uma articulação virtual tóraco-umeral. Tem-se verificado em utentes assintomáticos durante o movimento de elevação do MS, que existe um movimento da escápula relativamente ao tórax diferente do movimento encontrado em utentes com DCAO (Lempereur, Brochard, Leboeuf, Rémy-Néris, 2014) o que leva a considerar a importância da análise da cinemática do movimento ombro na prática clínica. Têm surgido vários métodos para analisar os movimentos escápulo-torácicos durante a elevação do MS dos quais se destacam os métodos de análise tridimensional dinâmica dado serem os únicos capazes de fornecer informação em três dimensões dos movimentos da omoplata durante um movimento do MS. Neste programa recorreu-se a um método dinâmico de análise tridimensional utilizando o sistema eletromagnético *Ascension "Flock of Birds" & trakStar* e o software *The MotionMonitor Toolbox Edition* (Innovative Sports Training, Chicago, IL, USA). Os sistemas com tecnologia eletromagnética são uma alternativa aos sistemas de vídeo devido à sua precisão e pela ausência de oclusões do marcador uma vez que o sinal eletromagnético é sempre "visto" pelo recetor dentro de uma curta distância. Este sistema é dos mais utilizados e é acrescido de sensores (recetores), fornecendo seis graus de liberdade. Por ser capaz de fazer uma captura instantânea da posição e orientação do movimento, em três dimensões, a partir de sinais eletromagnéticos emitidos por um transmissor (Borstad e

Ludewig, 2005) fornece informação de retorno importante, de forma não-invasiva, com baixo grau de erro, proporcionando ao utente uma boa estratégia para encontrar a melhor forma de autocorrigir o movimento e controle da ET na zona neutra.

6. CONCLUSÃO

As DCAO, apresentam uma elevada incidência e prevalência, e o seu impacto na qualidade de vida do utente, torna relevante a procura pela melhor estratégia de intervenção que responda às necessidades destes utentes. Várias são as estratégias com as quais o fisioterapeuta se depara na prática clínica, dada a natureza multifatorial destas condições, o que tem conduzido à realização de vários estudos de forma a sistematizar informação acerca de quais as abordagens mais efetivas e quais as estratégias mais facilitadoras do processo de reabilitação. Neste estudo, foi analisada a literatura existente de forma a desenvolver um programa que possa ser avaliado do ponto de vista da sua efetividade no tratamento de utentes com disfunção do CAO e, posteriormente, aplicado na prática clínica.

Tendo em conta o papel da omoplata na função normal do ombro e todas as alterações cinemáticas apresentadas nas DCAO, assim como a importância do exercício e dos conceitos de estabilidade dinâmica e controlo motor para a reabilitação de utentes com este tipo de disfunções, desenvolveu-se um programa de intervenção baseado nos modelos de reaprendizagem motora, com exercícios descritos como mais efetivos para as disfunções do CAO, utilizando a cinemática 3D como auxílio de informação de retorno.

Os exercícios focados na estabilidade da ET permitem ao SNC readquirir padrões de movimento que não coloquem em risco o CAO e que são alterados na presença de disfunção. O treino cognitivo devidamente orientado segundo 3 estadios de reaprendizagem motora apresentados neste estudo, contribui significativamente para a reversibilidade das alterações corticais associadas à dor. Os estudos relativos ao recrutamento muscular baseiam-se no impacto que o desequilíbrio na produção de forças tem no movimento anormal da omoplata durante a elevação do membro superior. Estes autores defendem que a reabilitação dos estabilizadores da omoplata é um processo que requer uma progressão lógica de exercícios voltados para o fortalecimento do trapézio inferior e do grande dentado, minimizando a ativação trapézio superior (Kibler & Sciascia, 2010). Além destes, alguns autores incluem exercícios que vão atuar diretamente na correção da posição e movimento da omoplata dando logo numa fase precoce da reabilitação, ênfase ao controlo escapular. Os objetivos destes protocolos, assim como do programa deste estudo, são restaurar o controlo da omoplata de forma a manter a posição de báscula posterior e rotação externa (retração) como ponto de

partida para a reabilitação da função do ombro (Kibler *et al.*, 2008), diminuir a dor e aumentar o nível de funcionalidade de forma a integrar o doente nas suas atividades diárias (Worley *et al.*, 2013; Struyf *et al.*, 2012).

Foram assim analisados e utilizados exercícios com efetividade comprovada para a promoção da estabilidade articular, e foi dado um especial enfoco na capacidade de o indivíduo orientar a posição da omoplata durante a realização dos vários exercícios previamente comprovados pelos vários autores. Tem sido sugerida a importância neste enfoco na orientação escapular durante o tratamento baseado na aprendizagem motora, uma vez que o treino num padrão de movimento incorreto poderá reforçar esse padrão (Magarey e Jones, 2003) e além disso a correta orientação da omoplata pode influenciar a função da articulação GU e da função da musculatura da coifa dos rotadores (Ludewig & Reynolds 2009).

A aprendizagem motora pode ser definida como um conjunto de processos internos associados à prática e à experiência conduzindo a uma alteração permanente da capacidade de movimento. O plano de intervenção descrito neste estudo foi baseado no modelo de estabilidade dinâmica e neste conceito de aprendizagem motora, encontrando-se dividido em 3 fases: Consciencialização da zona neutra da ET (e co-ativação dos estabilizadores locais); Controlo da zona neutra da ET (e co-ativação dos estabilizadores locais); e treino da zona neutra da ET. Estas 3 fases são influenciadas pelos 3 estádios da teoria de aprendizagem motora de Fitts e Posner (1967): cognitivo, associativo e autónomo (Shumway-Cook & Woollacott, 2001) e só se passa de uma fase para a seguinte após atingir determinados parâmetro. Propõe-se uma intervenção de 7 semanas, com base nestas 3 fases e com auxílio de um instrumento de *biofeedback* cinemático tridimensional de forma a avaliar e monitorizar as estratégias motoras do sujeito durante a realização dos exercícios. O *biofeedback* cinemático 3D com sensores de superfície é um método válido para identificar as anomalias no movimento da omoplata associadas às DCAO (Karduna *et al.*, 2001), e tem-se demonstrado uma ferramenta efetiva para aumentar a qualidade da execução dos exercícios, seja no reconhecimento da zona neutra como no controlo de movimento 3D da ET durante a realização de várias tarefas.

Uma importante limitação deste estudo é o facto de não ter sido ainda desenvolvido um estudo piloto. Este, por definição, é um teste, em pequena escala, dos procedimentos, materiais e métodos propostos para determinada pesquisa, de modo a

possibilitar a alteração ou melhoria do programa na fase que antecede a investigação em si. Para minimizar esta limitação a investigadora procedeu a um treino de competências com o objetivo de experimentar o instrumento utilizado para informação de retorno de forma a verificar as suas funcionalidades. Este procedimento permitiu uma adequação dos exercícios, excluindo aqueles que são realizados em decúbito dorsal devido à influência nos resultados causados pelo contacto entre os sensores e a marquesa. Está a ser desenvolvido um estudo na ESS/IPS por outro investigador, que pretende aplicar o programa desenvolvido neste estudo, descrevendo a sua aplicabilidade quando aplicado com o auxílio do *biofeedback* cinemático e descobrindo os seus pontos fracos para que sejam resolvidos antes da implementação do programa propriamente dito onde se pretende verificar a efetividade do plano em utentes com DCAO. Associado a esta limitação surge outra limitação com base na seleção dos exercícios para o programa apresentado, que não ainda foi possível ultrapassar sem a realização do estudo piloto. Alguns dos exercícios foram já estudados do ponto de vista da cinemática da ET, e foram excluídos aqueles que colocam a ET numa posição de possível diminuição do espaço subacromial. No entanto alguns dos exercícios foram apenas comprovados como efetivos pela EMG, sem serem analisados do ponto de vista cinemático, sendo apenas considerados efetivos com base no recrutamento muscular e da sua influência no movimento normal da omoplata durante a elevação do membro superior. Por não estarem avaliados do ponto de vista cinemático, poder-se-ia correr o risco de o próprio exercício em si, colocar a omoplata numa posição de risco para as estruturas, contudo o facto de o sujeito controlar a posição na zona neutra durante a realização dos exercícios, e tendo uma imagem real de *biofeedback* como informação de retorno, será fácil de reconhecer um exercício que não seja adequado ou que o sujeito tenha dificuldade em controlar a omoplata.

Neste programa são aconselhados exercícios que melhorem a performance dos pares de forças da ET, com base em estudos que demonstrem bons rácios de ativação TS/TI e TS/GD. Contudo, durante a sua realização não é possível verificar se a contração está ou não a decorrer como esperado, podendo haver sobreposição de um músculo sobre o outro. A utilização de EMG, seria uma solução objetiva de forma a dar ao utente e/ou ao fisioterapeuta informação acerca da percentagem de ativação muscular. Neste estudo, apenas se propõe a observação do utente como avaliação de compensações, uma vez que este é desenhado essencialmente para a prática clínica e dado que o objetivo é essencialmente reproduzir um correto padrão de movimento da

ET pela a sua importância na função normal do CAO. Além disso, outra fonte de feedback poderia ser excessiva para o utente e aumentar demasiado a complexidade da tarefa, podendo ter mais utilidade em investigação.

Outra possibilidade de viés, é o facto de o programa ter sido construído apenas pela autora, podendo as suas crenças influenciar a escolha dos exercícios e modelos de intervenção. De forma a ultrapassar este viés um método Delphi poderia ser realizado, apresentando o plano de exercícios a experts na área, de forma a obter conhecimentos, ideias e sugestões construtivas para a melhoria do programa em si.

Relativamente às implicações do estudo para a prática clínica, tornou-se relevante o desenvolvimento de um programa de exercícios escápulo-torácicos baseado no que a bibliografia apresenta como mais efetivo com base em resultados publicados, em resposta às necessidades dos utentes. Este programa teve em conta cada estadió de progressão baseado nos modelos/princípios do processo de reaprendizagem motora e nas melhores estratégias facilitadoras de todo o processo de reabilitação e que possa sobretudo ser utilizado na prática clínica. Apesar de vários autores demonstrarem a importância da cinemática da ET no diagnóstico e intervenção das DCAO e apresentarem exercícios que promovam a estabilidade da mesma, com ênfase no correto posicionamento e movimento da omoplata, este plano surge como uma nova linha orientadora de intervenção que associa exercícios de estabilidade dinâmica da escápulo-torácica, com recurso a um sistema de *biofeedback* cinemático 3D que demonstra ser uma ferramenta facilitadora na melhoria da execução dos exercícios e que ajuda o utente a atingir objetivos e superar dificuldades que possam surgir no processo de reaprendizagem motora. Todavia, um programa de intervenção deve ser desenvolvido, testado quanto à sua viabilidade, avaliado e implementado sendo assim necessários novos estudos de forma a demonstrar a sua efetividade e de forma a tornar possível uma generalização de resultados à população.

Futuramente, é importante a descrição da aplicabilidade deste programa de exercícios escápulo-torácicos com a utilização do sistema eletromagnético de análise de cinemática 3D, de forma a compreender se o utilizador (utente) e se o profissional de saúde, referem ser ou não facilitador na realização dos vários exercícios que promovam corretos padrões de movimento ET ao longo de todo o processo de reaprendizagem motora. Posteriormente é também relevante a realização de novos estudos, aleatorizados, que verifiquem a efetividade da aplicação deste programa em utentes com

DCAO ao nível da dor e da função, comparando os resultados de utentes expostos a este programa, com resultados de utentes expostos a outras formas de intervenção, intervenção placebo e/ou ausência de tratamento.

É necessário que os fisioterapeutas evitem a utilização deste plano como um programa genérico para todos os utentes, sendo de grande importância uma boa avaliação subjetiva e objetiva de forma a compreender as suas necessidades e acima de tudo as suas expectativas. Este plano pode assim ser utilizado como uma linha orientadora que para facilitar a intervenção, mas que deve ser adaptado individualmente de forma atingir as metas do utente a aumentar a sua motivação para o tratamento. Poderia ser realizada uma adaptação do programa a outras populações, especialmente ao nível da população idosa, uma vez que as alterações posturais próprias da idade, tais como a cifose dorsal influenciam a postura da omoplata e dificultam o processo de avaliação da discinesia da omoplata, além da dificuldade que este tipo de população pode ter na execução de alguns dos exercícios. A avaliação do lado oposto à lesão parece ter uma maior importância, neste tipo de população, do que a tentativa de colocar a omoplata num “espectro de normalidade”.

Dada a efetividade já demonstrada na realização de uma intervenção baseado em exercícios para a ET com recurso ao EMG, seria ainda interessante a realização de um RCT que comparasse uma intervenção baseada numa abordagem focada nos níveis de ativação dos músculos escápulo-torácicos, mesmo que nem sempre impliquem o movimento tridimensional da omoplata desejado e numa abordagem focada essencialmente na promoção dos padrões de movimento tridimensional da omoplata, como é proposto neste programa, de forma a perceber qual a abordagem mais efetiva na intervenção de utentes com DCAO, ao nível da dor e da função. Por fim, dada a importância da prevenção da lesão, poderia ainda ser interessante a realização de estudos que verifiquem até que ponto, em sujeitos assintomáticos, mas que apresentem discinesia da ET, a correção da orientação da ET, pode ajudar a prevenir lesões em atletas e sujeitos com atividades repetitivas acima dos 90° do membro superior.

7. BIBLIOGRAFIA

- Andrews, Harrelson, Wilk (2004) *Reabilitação física do atleta*. (3ª edição). Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier
- Antunes, A, Filipe, I, Cordeiro, S, *et al.* (2014) Effectiveness of Three-Dimensional Kinematic Biofeedback on the Performance of Scapula-focused Exercises. *In Proceedings of the International Conference on Physiological Computing Systems*, 173-178
- Aurin, A, & Latash, M. (1995) Directional specificity of postural muscles in feedforward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Experimental Brain Research*, 103, 323-332
- Bagg, S, & Forrest, W,. (1988) A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 67(6), 238-45.
- Bang, M, & Deyle, G. (2000) Comparison of supervised exercise with and without manual physical therapy for patients with shoulder impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 30, 126–137.
- Bitter, N, Clisby, E, Jones, M. *et al.* (2007) Relative contributions of infraspinatus and deltoid during external rotation in healthy shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*, 16,(5), 563-568.
- Borstad, J, (2006) Resting Position Variables at the Shoulder: Evidence to Support a Posture-Impairment Association. *Physical Therapy*, 86 (4), 549-557
- Borstad, J, & Ludewig, P. (2005) The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(4), 227–38.
- Borstad, J, & Ludewig, P. (2006) Comparison of three stretches for the pectoralis minor muscle. *J Shoulder Elbow Surg*, 15(3), 324-330.
- Borstad, J, Szucs, K, Navalgund, A. (2009) Scapula kinematic alterations following a modified push-up plus task. *Human Movement Science*, 28, 738–75.1
- Boudreau, S, Farina, D, Falla D. (2010) The role of motor learning and neuroplasticity in designing rehabilitation approaches for musculoskeletal pain disorders. *Manual Therapy*, 15, 410-414.
- Boudreau, S, Romaniello, A, Wang, K, Svensson, P, Sessle, BJ, Arendt-Nielsen L. (2007). The effects of intra-oral pain on motor cortex neuroplasticity associated with short-term novel tongue-protrusion training in humans. *Pain*, 132(1-2), 169-78.

- Brochard, S.; Lempereur, M.; Rémy-Néris, O. (2011) Double Calibration: An accurate, reliable and easy-to-use method for 3D scapular motion analysis. *Journal of Biomechanics*, 44, 751-754.
- Brudvig, T, Kulkarni, H, Shah S. (2011) The effect of therapeutic exercise and mobilization on patients with shoulder dysfunction: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 41 (10), 734-48
- Çalis, M, Akgün, K, Birtane, M., *et al.* (2000). Diagnostic values of clinical diagnostic tests in subacromial impingement syndrome. *Annals of rheumatoid diseases*. 59, 44-47.
- Calford, M. (2002) Mechanisms for acute changes in sensory maps. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 508, 451- 460.
- Cools A, Witvrouw, E, Declercq, G, Danneels, L, Cambier, D. (2003) Scapular muscle recruitment patterns: Trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 542–9.
- Cools, A, Dewitte, V, Lanszweert, F., *et al.*, (2007) Rehabilitation of Scapular Muscle Balance: Which Exercises to Prescribe? *The American Journal of Sports Medicine*, 35, (10), 1744-1751
- Cools, A, Declercq, G, Cagnie, B, Cambier, D, Witvrouw, E. (2008) Internal Impingement In The Tennis Player: Rehabilitation Guidelines. *British journal of sports medicine*, 42(3), 165-71
- Comerford, M, & Mottram, S. (2001) Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual Therapy*. 6(1), 3-14.
- Contandriopoulos, A, Champagne, F, Potvin, L, Denis, J, Boyle, P. (1994) *Saber preparar uma pesquisa: definição, estrutura, financiamento*. São Paulo: Editora Hucitec/Rio de Janeiro: Abrasco.
- Cordeiro, S, & Matias, R. O Biofeedback Cinemático 3D na realização de exercícios escapulo-torácicos. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Cricchio, M, & Frazer, C. (2011) Scapulothoracic and scapulohumeral exercises: a narrative review of electromyographic studies. *Journal of Hand Therapy*, 24, 322-334.
- Crow, J, Pizzari, T, Buttifant, D. (2011) Muscle onset can be improved by therapeutic exercise: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 12 (4), 199–209.
- De Mey, K.; Danneels, L.; Cagnie, B.; Huighe, L., *et al* (2013) Conscious Correction of Scapular Orientation in Overhead Athletes Performing Selected Shoulder

Rehabilitation Exercises: The Effect on Trapezius Muscle Activation Measured by Surface Electromyography. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43 (1). 3-10.

- Decker, M., Hintermeister, R., Faber, K., Hawkins, R. (1999) Serratus Anterior Muscle Activity During Selected Rehabilitation Exercises. *American Journal of Sports Medicine*, 27(6), 784-791

- Desmurget, M, & Grafton, S. (2000) Forward modelling allows feedback control for fast reaching movements; *Trends in Cognitive Sciences*; 4 (11), 423-431.

- Diercks, R, Bron, C, Dorrestijn, O., *et al* (2014) Guideline for diagnosis and treatment of subacromial pain Syndrome. A multidisciplinary review by the Dutch Orthopaedic Association. *Acta Orthopaedica*; 85 (3): 314–322

- Dijk, H, Jannink, M, Hermens, H, (2005) Effect of Augmented Feedback on motor function of the affected upper extremity in rehabilitation patients: a systematic review of randomized controlled trials. *J Rehabil Med*, 37, 202–211.

- Doody, S, Freedman, L, Waterland, J, (1970) Shoulder movements during abduction in the scapular plane. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 51(10), 595-604.

- Duarte, A.I. (2002) Validação intercultural do Shoulder Pain and Disability Index – SPADI. *Monografia*, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Coimbra, Portugal.

- Ebaugh, D, McClure, P, Karduna, A. (2005) Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. *Clin Biomech*, 86(2),273–92.

- Ekstrom, R., Donatelli, R. & Soderberg, G. (2003) Surface Electromyographic Analysis of Exercises for the Trapezius and Serratus Anterior Muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33 (5), 247-258

- Ellenbecker, T, & Cools, A. (2010) Rehabilitation of shoulder impingement syndrome And rotator cuff injuries: an evidence-based review. *British journal of sports medicine*., 44(5),319–327

- Endo, K, Ikata, T, Katoh, S, Takeda, Y. (2001) Radiographic assessment of scapular rotational tilt in chronic shoulder impingement syndrome. *J Orthop Sci.*, 6(1),3-10.

- Escamilla, R, Yamashiro, K, Paulos, L, Andrews, J. (2009) Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. *Sports Medicine*, 39 (8), 663-685.

- Faria, C, Penido, H, Teixeira-Salmela, L. (2007) Métodos de avaliação dos movimentos escapulares durante a elevação dos membros superiores: uma revisão crítica da literatura. *Acta Fisiatr.*, 14(1), 49 – 55.
- Falla, D, Rainoldi, A, Merletti, R, Jull, G. (2004) Spatio-temporal evaluation of neck muscle activation during postural perturbations in healthy subjects. *J Electromyogr Kinesiol.*,14(4) 463-74.
- Fayad, F., Hoffmann, G, Hanneton, S., *et al* (2006) 3-D scapular kinematics during arm elevation: Effect of motion velocity. *Clinical Biomechanics* , 21, 932–941
- Fitts, P, & Pasnor, M. (1967) *Human performance*. Wadsworth;
- Fortin, M. (2000) *O Processo de Investigação da Concepção a Realização*. Loures. Lusociência – Edições Técnicas e Científicas, Lda. 2ª Edição. ISBN 972-8383-10-X. 2
- França, F, Burke, T, Caffaro, R. (2012). Effects of Muscular Stretching and Segmental Stabilization on Functional Disability and Pain in Patients with Chronic Low Back Pain: A Randomized, Controlled Trial. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*; 35 (4), 279-285.
- Gibson, J. (2004). Rehabilitation after shoulder instability surgery, *Current Orthopaedics*, 18, 197– 209.
- Gibson, K, Growse, A, Korda, L, Wray, E, MacDermid, J. (2004) The Effectiveness of Rehabilitation for Nonoperative Management of Shoulder Instability: A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 17, 229-242.
- Godinho, M., Barreiro, J., Melo, F., Mendes, R. (2007) *Controlo Motor e Aprendizagem*. Fundamentos e Aplicações. Edições FMH 3ª edição
- Gomoll, A, Katz, J ,Warner, J, Millett, P. (2004) Rotator cuff disorders: Recognition and management among patients with shoulder pain. *Arthritis & Rheumatism*, 50 (12), 3751–3761.
- Green, S, Buchbinder, R. & Hetrick, S. (2003) Physiotherapy interventions for shoulder pain (Review); *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2,
- Guerreiro, M. & Matias, R. (2007) Análise Tridimensional da Posição Inicial da Omoplata em Indivíduos Assintomáticos. *Revista Portuguesa de Fisioterapia no Desporto*. 1(1), 17-24
- Hardwick, D, Beebe, J, McDonnell, M, Lang, C. (2006). A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36, 903-910.

- Hebert, L, Moffet, H, McFadyen, B, St-Vincent, G. (2000) A method of measuring threedimensional scapular attitudes using the optotrak probing system. *Clinical Biomechanics*, 15(1),1-8.
- Hébert, L, Moffet, H, McFadyen, B, Dionne, C. (2002) Scapular Behavior in Shoulder Impingement Syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83, 60-69.
- Henry, S, & Teyhen, D. (2007) Ultrasound imaging as a feedback tool in the rehabilitation of trunk muscle dysfunction for people with low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(10), 627-634.
- Hess, S.A. (2000) Functional stability of the glenohumeral joint. *Manual Therapy*, 5(2), 63-71
- Holmgren, T, Hallgren, H. B., Oberg, B, Adolfsson, L, Johansson, K. (2012) Effect of specific exercise strategy on need for surgery in patients with subacromial impingement syndrome: Randomised controlled study. *BMJ*, 344, 1-9.
- Host, H. (1995) Scapular taping in the treatment of anterior shoulder impingement. *Phys Ther.*, 75(9), 803-12.
- Huysmans, M, Hoozemans, M, van der Beek, A, de Looze, M, van Dieën, J. (2010). Position sense acuity of the upper extremity and tracking performance in subjects with non-specific neck and upper extremity pain and healthy controls. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42, 876–883.
- Jardim, M. (2007) Estudo de caso- Instabilidade anterior do ombro de origem traumática numa jogadora de Rugby feminino. *EssFisiOnline*. 3(2), 41-53
- Janes, W, Brown, J, Essenberg, J, Engsberg, J. (2012) Development of a method for analyzing three-dimensional scapula kinematics. *Hand*, 7, 400-406.
- Jo, H, Song, A, Lee, K, Lee, D. Kim, Y, Sung, P. (2011) A kinematic analysis of relative stability of the lower extremities between subjects with and without chronic low back pain. *Eur Spine J*. 20, 1297-1303.
- Johnson, G, Bogduk, N, Nowitzke, A, House, D. (1994) Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clinical Biomechanics*, 9, 44–50.
- Johnson, M, McClure, P, Karduna, A. (2001) New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(2), 81- 9.
- Karduna, A, McClure, P, Michener, L. (2000) Scapular kinematics: effects of altering the Euler angle sequence of rotations. *Journal of Biomechanics*, 33 (9), 1063–1068

- Karduna, A, McClure, P, Michener, L, Sennett, B. (2001) Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. *Journal of Biomechanical Engineering*. 123, 184–190
- Karni, A, Meyer, G, Rey-Hipolito, C, *et al.* (1998) The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(3), 861- 868.
- Kebaetse, M, McClure, P, Pratt, N. (1999) Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80, 945-950.
- Kibler, W. (1998) The role of the scapula in athletic shoulder function. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 325-37.
- Kibler, W, Ludewig, P, McClure, P, Michener, L, Bak, K, Sciascia, A. (2013) Clinical implications of scapular dyskinesis in shoulder injury: the 2013 consensus statement from the ‘scapular summit’. *British journal of sports medicine*, 47(14):877-85
- Kibler, W, Sciascia, A. (2010) Current concepts: scapular dyskinesis. *British journal of sports medicine*, 44 (5), 300–305.
- Kibler, W, Sciascia, A, Dome, D. (2006). Evaluation of Apparent and Absolute Supraspinatus Strength in Patients With Shoulder Injury Using the Scapular Retraction Test. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(10):1643-1647
- Kibler, W, Sciascia, A, Tambay, N, Cunningham , T. (2008) Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. *The American Journal of Sports Medicine*, 36, 1789-98.
- Kibler, W, Sciascia, A, Wilkes, T. (2012) Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *J Am Acad Orthop Surg.*, 20(6), 364-72
- Kirkley, A, Griffin, S, Dainty, K. (2003) Scoring systems for the functional assessment of the shoulder. *The journal of arthroscopic and related surgery*, 19, 10, 1109-1120.
- Kuijpers, T, Van der Windt, D, Van der Heijden, G, Bouter, L. (2004) Systematic review of prognostic cohort studies on shoulder disorders. *Pain*, 109, 420–31.
- Kuijpers, T, Van der Windt, D, Boeke, A, *et al.* (2006) Clinical prediction rules for the prognosis of shoulder pain in general practice *Pain*, 120, 276–285

- Langenderfer, J.E., Rullkoetter, P.J., Mell, A.G., Laz, P.J. (2009) A multi-subject evaluation of uncertainty in anatomical landmark location on shoulder kinematic description. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 12(2); 211-216
- Laudner, K, Myers, J, Pasquale, M, Bradley, J, Lephart, S. (2006) Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(7), 485-494.
- Leclerc, A, Landre, F, Chastang, F, Niedhammer, I, Roquelaure, Y. (2001) Upper-limb disorders in repetitive work. *Scand J Work Environ Health*, 274, 268–278.
- Lempereur, M, Brochard, S, Leboeuf, F, Rémy-Néris, O. (2014) Validity and reliability of 3D marker based scapular motion analysis: A systematic review. *Journal of Biomechanics*, 47, 2219–2230.
- Lin, J, Hanten, W, Olson, S, *et al.* (2005) Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. *J Electromyogr Kinesiol*, 15(6), 576–86.
- Lukasiewicz, A, McClure, P, Michener, L, Pratt, N, Sennett, B. (1999) Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29 (10), 574-86.
- Ludewig, P, & Borstad, J. (2003) Effects of a home exercise programme on shoulder pain and functional status in construction workers. *Occup Environ Med*, 60, 841-849.
- Ludewig, P, & Braman, J. (2011) Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *Manual Therapy*.16, 33–39.
- Ludewig, P. & Cook, T. (2000) Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With Symptoms of Shoulder Impingement. *Physical Therapy*, 80(3), 276-291.
- Ludewig, P, Cook, T, Nawoczenski, D. (1996) Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 24, 57–65.
- Ludewig, P, Cook, T, Shields, R. (2002) Comparison of surface and bone-fixed measurement of humeral motion. *Journal of Applied Biomechanics*, 18 ,163–170
- Ludewig, P, Hoff, M, Osowski, E, Meschke, S, Rundquist, P. (2004) Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(2), 484–93.
- Ludewig, P, Phadke, V, Braman, J, Hassett, D, Cimenski, C, LaPrade, R. (2009) Motion of the Shoulder Complex during multiplanar humeral elevation. *Jm Bone Joint Surg Am.* 91; 378-389

- Ludewig, P, & Reynolds, J.F. (2009) The Association of Scapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(2), 90–104.
- Lunden, J, Braman, J, LaPrade, R, Ludewig, P. (2010) Shoulder kinematics during the wall push-up plus exercise. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 (2), 216-223
- Luime, J, Koes, W, Hendriksen, I., et al. (2004a) Prevalence and incidence of shoulder pain in the general population; a systematic review. *Scand J Rheumatol*,;33(2),73-81.
- Luime, J, Kuiper, J, Koes, B. W, et al. (2004b) Work-related risk factors for the incidence and recurrence of shoulder and neck complaints among nursing-home and elderly-care workers. *Scand J Work Environ Health*, 304, 279–286.
- Luime, J, Verhagen, A, Miedema, H, et al. (2004c) Does this patient have an instability of the shoulder or a labrum lesion?. *JAMA*, 292(16), 1989-99.
- MacDermid, J; Ghobrial, M; Quiron, K; et al., (2007) Validation of a new test that assesses functional performance of the upper extremity and neck (FIT-HaNASA) in patients with shoulder pathology. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 32(3):527-38
- Magarey, M, & Jones, M. (2003) Dynamic evaluation and early management of altered motor control around the shoulder complex. *Manual Therapy*. 8(4), 195–206.
- Mandalidis, D, Glone, B, Quigley, R, McInerney, D, O'Brien, M. (1999) Digital fluoroscopic assessment of the scapulohumeral rhythm. *Surg Radiol Anat.*, 21(4), 241-6.
- Martins, A, Matias, R, Carnide, F. (2013) Indicadores de prognóstico em utentes com disfunção do ombro submetidos a uma intervenção terapêutica direcionada para a estabilidade dinâmica da escápulo-torácica. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal-Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal
- Matias, R. & Cruz, E.(2004) Estabilidade dinâmica. *EssFisionline*. 1(1), 31-45.
- Matias, R,& Pascoal, A. (2006)The unstable shoulder in arm elevation: a three-dimensional and electromyographic study in subjects with glenohumeral instability. *Clinical Biomechanics*, 21, S52-s58.
- Matsui, K,Shimada,K.,Andrew,P. (2006) Deviation of skin marker from bone target during movement of the scapula. *J.Orthop.Sci*, 11(2), 180–184.
- McClure, P, Balaicuis, J, Heiland, D, et al (2007) A Randomized Controlled Comparison of Stretching Procedures for Posterior Shoulder Tightness. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 37(3), 108-114.

- McClure, P, Michener, L, Sennett, B, Karduna, A. (2001) Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo; *J Shoulder Elbow Surg*, 10(3), 269-277.
- McClure, P, Michener, L, Karduna, A. (2006) Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther*, 86(8), 1075-1090.
- McClure, P, Bialker, J, Neff, N, Williams, G, Karduna, A.(2004) Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Phys Ther.*, 84(9), 832-48.
- McClure, P, Tate, A, Kareha, S, Irwin, D, Zlupko, E. (2009). A Clinical Method for Identifying Scapular Dyskinesis, Part 1: Reliability. *Journal of Athletic Training*, 44(2), 160–164.
- McPhee, C. & Lipscomb, H.J. (2009) Upper-extremity Musculoskeletal Symptoms and Physical Health Related Quality of Life Among Women Employed in Poultry Processing and Other Low-Wage Jobs in Northeastern North Carolina. *Am J Ind Med*, 52(4), 331– 340.
- McQuade, K, Dawson, J, Smidt, G. (1998). Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 28, 74–80.
- Medical Research Council, (2008) *Developing and Evaluating Complex Interventions: New Guidance* Medical Research Council, London, 1-39
- Meskers, C, Fraterman, H, van der Helm, F, Vermeulen, H, Rozing, P, (1999) Calibration of the “Flock of Birds” electromagnetic tracking device and its application in shoulder motion studies. *Journal Biomech*, 32(6), 629-33.
- Michener, L, McClure, P, Karduna, A, (2003) Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clinical Biomechanics*. 18(5), 369-379.
- Michener, B, Waisworth, M, Burnet, E. (2004) Effectiveness of rehabilitation for patients with subacromial impingement syndrome: A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 17(2), 152-164.
- Michiels, I, & Grevenstein, J. (1995) Kinematics of shoulder abduction in the scapular plane. On the influence of abduction velocity and external load. *Clinical Biomechanics*, 10(3),137-43.

- Miranda, L, Carnide, F, & Lopes, M. (2010) Prevalence of Reumatic Occupational Diseases- Proud Study. *Acta Reumatol. Port.*, 35, 215-226.
- Moffet, H, McFadyen, B, Dionne, C. (2002) Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(1), 60-9.
- Morais, N. & Pascoal, A. (2013) Scapular positioning assessment: Is side-to-side comparison clinically acceptable?. *Manual therapy*, 18(1), 46-53
- Moreira, I., & Matias, R. (2010) Descrição dos Rácios de Intensidade de Activação dos Músculos Escápulo-Torácicos em Exercícios para uma Fase Inicial da Intervenção nas Disfunções do Complexo Articular do Ombro. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Morrissey, D. (2000) Proprioceptive shoulder taping. *Journal of bodywork and Movement Therapies*. 4(3), 189- 194
- Moseley J, Jobe F, Pink M, Perry J, Tibone J. (1992) EMG analysis of the scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *The American Journal of Sports Medicine*, 20, 128-134.
- Mottram, S.L., (1997) Dynamic stability of the scapula. *Manual Therapy*, 2 (3), 123-131.
- Mottram, S, Woledge, R, Morrissey, D. (2009) Motion analysis study of a scapular orientation exercise and subjects' ability to learn the exercise. *Manual Therapy*, 14 (1), 13-18
- Munderman, L, Corazza, S, Andriacchi, T. (2006) The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 3 (6), 1-11.
- Myers, J, Guskiewicz, K, Schneider, R, Prentice, W. (1999) Proprioception and Neuromuscular Control of the Shoulder After Muscle Fatigue. *Journal of Athletic Training*, 34(4), 362-367.
- Myers, J, Wassinger, C, Lephart, S. (2006). Sensorimotor contribution to shoulder stability: Effect of injury and rehabilitation. *Manual Therapy*, 11 (3), 197-201
- Myers, J, Hwang, J, Pasquale, M, Blackburn, J, Lephart, S. (2008) Rotator cuff coactivation ratios in participants with subacromial impingement syndrome. *J Sci Med Sport*, 12(6), 603-608.
- Nieminen, H, Niemi, J, Takala, E, Viikari-Juntura, E. (1995) Load sharing patterns in the shoudler during isometric flexion tasks. *J Biomech.*, 28, 555-566.

- Ogston, J, & Ludewig, P. (2007) Differences in 3-dimensional shoulder kinematics between persons with multidirectional instability and asymptomatic controls. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(8), 1361-1370.
- Oyama, S, Myers, J, Wassinger, C, Ricci, D, Lephart, S. (2008) Asymmetric Resting Scapular Posture in Healthy Overhead Athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(6), 565–570.
- Oyama, S, Myers, J, Wassinger, C, Lephart, S. (2010) Three-Dimensional Scapular and Clavicular Kinematics and Scapular Muscle Activity During Retraction Exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40 (3), 169-179.
- O' Sullivan, P. (2000) Lumbar segmental “instability”: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual Therapy*, 5(1), 2-12
- Paine, R, & Voight, M. (2013) The Role of the scapula. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(5), 617-629
- Panjabi, M. (1992) The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord.*, 5(4):390-6.
- Parel, I, Cutti, A, Fiumana, G, Porcellini, G, Verni, G, Accardo, A. (2012) Ambulatory measurement of the scapulohumeral rhythm: Intra- and inter-operator agreement of a protocol based on inertial and magnetic sensors. *Gait & Posture*; 35; 636-640
- Peat, M, & Grahame, R. (1977) Electromyographic analysis of soft tissue lesions affecting shoulder function. *American journal of physical medicine*, 56(5), 223–240
- Pérez, R, Costa, U, Torrent, M, *et al* (2010) Upper Limb Portable Motion Analysis System Based on Inertial Technology for Neurorehabilitation Purposes. *Sensors*, 10, 10733-10751.
- Phadke, V, Braman, J, LaPrade, R, Ludewig, P. (2011) Comparison of glenohumeral motion using different rotation sequences. *Journal of Biomechanics*, 44 (4), 700–705
- Petty, N, Moore, A. (2001) - *Neuromusculoskeletal Examination and Assessment*, 2^aed, London: Churchill Livingstone, ISBN 0-4430-7061-X.
- Phadke, V, Camargo, P, Ludewig, P.(2009) Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 13(1), 1-9
- Picavet, H, & Hoeymans, N. (2004) Health related quality of life in multiple musculoskeletal diseases: SF-36 and EQ-5D in the DMC3 study. *Ann Rheum Dis.*, 63, 723–729.

- Raposo, V. & Matias, R., (2010) Descrição dos rácios de intensidade de actividade eléctrica dos músculos ET durante a realização de diferentes exercícios para o complexo articular do ombro. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Rekola, K, Keinanen-Kiukaanniemi, S & Takala, J. (1993). Use of primary health services in sparsely populated country districts by patients with musculoskeletal symptoms: consultations with a physician. *J Epidemiol Community Health*, 47(2), 153–157.
- Reddy, A, Mohr, K, Pink, M, Jobe, F. (2000). Electromyographic analysis of the deltoid and rotator cuff muscles in persons with subacromial impingement. *J Shoulder Elbow Surg*, 9(6), 519–23.
- Reilingh M, Kuijpers T, Tanja-Harfterkamp A, van der Windt D. (2008). Course and prognosis of shoulder symptoms in general practice. *Rheumatology*, 47 (5), 724-30.
- Reinold, M, Wilk, K, Fleisig, G, et al. (2004) Electromyographic Analysis of the Rotator Cuff and Deltoid Musculature During Common Shoulder External Rotation Exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34 (7), 385-394
- Remple, M, Bruneau, R, VandenBerg, P, Goertzen, C, Kleim, J. (2001) Sensitivity of cortical movement representations to motor experience: evidence that skill learning but not strength training induces cortical reorganization. *Behavioural Brain Research*, 123(2), 133-141.
- Ribeiro, P, Matias, R. (2012) O Biofeedback Cinemático na realização de exercícios escápulo-torácicos. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Richardson, C, & Jull, G. (1995) Muscle control- Pain control. What exercises would you prescribe? *Manual Therapy*, 1, 2-10
- Rodrigues, V, & Matias, R. (2009) Efectividade de um Plano de Intervenção de Fisioterapia num Utente com Síndrome do Conflito Sub-Acromial, com auxílio de Biofeedback Electromiográfico - Estudo de Caso. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal-Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal
- Roquelaure, Y, Ha, C, Leclerc, A, et al. (2006) Epidemiologic surveillance of upper-extremity musculoskeletal disorders in the working population. *Arthritis Rheum*, 55, 765–778.

- Roquelaure, Y, Bodin, J, Ha, C., *et al.* (2011) Personal, biomechanical, and psychosocial risk factors for rotator cuff syndrome in a working population. *Scand J Work Environ Health*, 37(6), 502–511.
- Roren, A, Fayad, F, Roby-Brami, A, *et al.* (2013) Precision of 3D scapular kinematic measurements for analytic arm movements and activities of daily living. *Manual Therapy*, 18(6), 473–480.
- Roy, J, Moffet, H, Hébert, L, Lirette, R. (2009a) Effect of motor control and strengthening exercises on shoulder function in persons with impingement syndrome: A single-subject study design. *Manual Therapy*, 14, 180-188.
- Roy, J, Moffet, H, McFadyen, B, Lirette, R. (2009b). Impact of movement training on upper limb motor strategies in persons with shoulder impingement syndrome. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 1 (8), 1-11
- Sanes, J, Donoghue, J. (2000) Plasticity and primary motor cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 393-415.
- Santos, C, Matias, R. (2007) Descrição de um Plano de Intervenção da Fisioterapia num sujeito com Síndrome do Conflito Sub-Acromial, com auxílio de Biofeedback Electromiográfico: Estudo de Caso. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Santos, C, Matias, R. (2011) Protocolo de fisioterapia, com auxílio de Biofeedback electromiográfico, em utentes com disfunções do ombro: efeitos na dor, funcionalidade e estabilidade dinâmica. *Unpublished dissertation*, Instituto Politécnico de Setúbal- Escola Superior de Saúde, Setúbal, Portugal.
- Santos, J. & Gonçalves, R.S. (2006) Adaptação e validação cultural da versão portuguesa do Disabilities of the Arm Shoulder and Hand – DASH. *Revista Portuguesa de Ortopedia e Traumatologia*, 14(3), 29-44.
- Schmidt, R. (2003) Motor schema theory after 27 years: Reflection and Implications for a new theory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 74 (4). 366-375
- Schmidt, R, Lee, T. (2005). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Selkowitz, D, Chaney, C, Stuckey, S, Vlad, G. (2007) The effects of scapular taping on the surface electromyographic signal amplitude of shoulder girdle muscles during upper extremity elevation in individuals with suspected shoulder impingement syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(11): 694-702.

- Shaheen, A, Alexander, C, Bull, A. (2011) Effects of attachment position and shoulder orientation during calibration on the accuracy of the acromial tracker. *J. Biomech.* 44(7), 1410–1413.
- Sharkey, N, & Marder, R. (1995) The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(3), 270–275.
- Shumway-Cook, A, & Woollacott, M. (2001) *Motor Control: Theory and Practical Applications*. Lippincott Williams e Wilkis
- Smith, M, Sparkes, V, Busse, M, Enright, S. (2009) Upper and lower trapezius muscle activity in subjects with subacromial impingement symptoms: Is there imbalance and can taping change it? *Physical Therapy in Sport*, 10(2), 45-50.
- Sobush, D, Simoneau, G., Dietz, K. *et al.* (1996) The Lennie test for measuring scapular position in healthy young adult females: a reliability and validity study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 23(1), 39-50.
- Song, A, Jo, H, Sung, P, Kim, Y. (2012) Three-dimensional kinematic analysis of pelvic and lower extremity differences during trunk rotation in subjects with and without chronic low back pain. *Physiotherapy*, 98, 160-166.
- Sood, D, Nussbaum, M, Hager, K. (2007). Fatigue during prolonged intermittent overhead work: Reliability of measures and effects of working height. *Ergonomics*, 50, 497–513.
- Struyf, F, Cagnie, B, Cools, A., *et al* (2014) Scapulothoracic muscle activity and recruitment timing in patients with shoulder impingement symptoms and glenohumeral instability. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24 (2) 277–284.
- Struyf, F, Nijs, J, Mollekens, S. *et al.* (2013) Scapular-focused treatment in patients with shoulder impingement syndrome: a randomized clinical trial. *Clin Rheumatol.* 32(1):73-85
- Struyf, F, Nijs, J, Mottram, S., *et al* (2012) Clinical assessment of the scapula: a review of the literature. *British journal of sports medicine*, 48(11), 883-890
- Su, K, Johnson, M., Gracely, E, Karduna, A. (2004). Scapular rotation in swimmers with and without impingement syndrome: Practice effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1117–1123
- Swanik, A, Lephart, S., Swanik, C., *et al* (2002) The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 11(6), 579–586

- Talkhani, I, & Kelly, C. (2001) Movement analysis of asymptomatic normal shoulders: a preliminary study. *J Shoulder Elbow Surg.*, 10(6), 580-4.
- Tekavec, E, Jöud, A, Rittner, R, *et al.* (2012) Population-based consultation patterns in patients with shoulder pain diagnoses. *BMC Musculoskelet Disord*, 13, 238, 1-8.
- Thigpen, C, Padua, D, Morgan, N, Kreps, C, Karas, S. (2006) Scapular kinematics during supraspinatus rehabilitation exercise: a comparison of full-can versus empty-can techniques. *The American Journal of Sports Medicine*, 34, 644-652.
- T'Jonck, L, Lysens, R, Grasse, G (1996). Measurements of scapular position and rotation: a reliability study. *Physiother Res Int.*, 1(3), 148-58.
- Tsai, N, McClure, P., Karduna, A. (2003) Effects of muscle fatigue on 3-dimensional scapular kinematics. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(7),1000–5.
- Tsao, H, & Hodges, P. (2007) Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp Brain Res*, 181(4), 537-46.
- Tsao, H, Druitt, T, Schollum, T, Hodges, P. (2010) Motor Training of the Lumbar Paraspinal Muscles Induces Immediate Changes in Motor Coordination in Patients With Recurrent Low Back Pain. *The Journal of Pain*, 11(11), 1120–1128
- Tyc, F, Boyadjian, A, Devanne, H. (2005) Motor cortex plasticity induced by extensive training revealed by transcranial magnetic stimulation in human. *Euro J Neurosci*, 21, 259-66
- Uhl, T, Carver, T, Mattacola, C, Mair, S, Nitz, A. (2003) Shoulder Musculature Activation During Upper Extremity Weight-Bearing Exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33 (3), 109-117
- Van Andel, C, Hutten, K, Eversdijk, M, Veeger, D, Harlaar, J. (2009) Recording scapular motion using an acromion marker cluster. *Gait & Posture*, 29, 123–128.
- van der Helm, F., & Pronk, G. (1995). Three-dimensional recording and description of motions of the shoulder mechanism. *J. Biomech. Eng.*, 117, 27–40.
- Van der Heijden, G.(1999) Shoulder disorders: a state-of-the-art review. *Baillieres Best Pract Res Clin Rheumatol*,13,287–309.
- Van Rijn, R, Huisstede, B, Koes, B, Burdorf, A. (2010) Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder – a systematic review of the literature. *Scand J Work Environ Health*, 36(3), 189–201
- Van Vliet, P, Heneghan, N. (2006) Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction. *Manual Therapy*, 11 (3), 208–213

- Vecchio, P, Kavanagh, R, Hazleman, B., King, R. (1995). Shoulder pain in a community-based rheumatology clinic. *Br. J. Rheumatol*, 34, 440–442.
- Veeger, H. (2000) The position of the rotation center of the glenohumeral joint. *Journal of Biomechanics*, 33 (12), 1711–1715
- Vermeulen, H, Stokdijk, M, Eilers, P, Meskers, C, Rozing, P, Vliet Vlieland, T (2002) Measurement of three dimensional shoulder movement patterns with an electromagnetic tracking device in patients with a frozen shoulder. *Ann Rheum Dis*, 61, 115–120.
- Van Vliet, P, & Heneghan, N. (2006) Motor control and the management of musculoskeletal dysfunction. *Manual Therapy*, 11(3), 208-213
- Voight, M, & Thomson, B. (2000) The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. *J Athl Train*, 35(3), 364-372.
- Wadsworth, D, & Bullock-Saxton, J. (1997) Recruitment patterns of the scapular rotator muscles in freestyle swimmers with subacromial impingement. *Int J Sports Med*, 18(8), 618–624.
- William, E, Brown, J, Essenberg, J, Engsborg, J. (2012) Development of a method for analyzing three-dimensional scapula kinematics. *Hand*, 7(4), 400–406.
- Willigenburg, N, Kingma, I, Hoozemans, M, van Dieën, J.(2013) Precision control of trunk movement in low back pain patients. *Hum Mov Sci.*, 32(1), 228-39.
- Worsley, P, Warner, M, Mottram, S. et al (2013) Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg* , 22, 11-19
- Wu, G, van der Helm, F, Veeger, H, et al. (2005) ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of the various joints for the reporting of human joint motion – Part II: Shoulder, elbow, wrist and hand. *Journal of Biomechanics*, 38 (5), 981–992.
- Yang, J, Chen, S, Chang, C, Lin, JJ. (2007) Quantification of shoulder tightness and associated shoulder kinematics and functional deficits in patients with stiff shoulders. *Manual Therapy*, 14(1), 81-87.

LISTA DE QUADROS

Quadro I: Síntese de parâmetros para progressão de fases até à alta.....	60
Quadro II: Exercícios para a fase de consciencialização.....	66
Quadro III: Exercícios para a fase Associativa.....	71
Quadro IV: Exercícios para a fase autónoma.....	77
Quadro V: Exercícios de alongamento.....	80
Quadro VI: Critérios de reavaliação.....	85
Quadro VII: Critérios de alta.....	86

APÊNDICES

Apêndice A: Treino de competências realizados ao longo do processo.....i

Apêndice B: Protocolo de procedimentos para recolha de dados cinemáticos do ombro com o *software The Motion Monitor Toolbox Edition*.....ii

Apêndice A: Treino de competências realizados ao longo do processo

Treino de competências de dia 13/12/2012

Objetivo: Familiarização com os processos inerentes à utilização da cinemática 3D

Descrição: Iniciou-se o treino com um breve esclarecimento de dúvidas acerca dos documentos lidos, focando essencialmente nas sequências e ângulos de Euler e sistemas de coordenadas local e global.

Foram discutidos os vários tipos de fontes de erro inerentes à fase de recolha dos dados de cinemática 3D e as possíveis formas de redução destes. Uma das fontes de erro prende-se com o critério do fisioterapeuta na localização da eminência óssea, uma vez que apesar da sua identificação correcta, o critério para seleccionar o local específico da eminência pretendida poderá ser diferente entre fisioterapeutas. Foi então importante uma pesquisa bibliográfica de forma a definir uma posição exacta dos sensores de forma a sistematizar o processo de recolha cinemática para o programa de exercícios escapulo-torácicos a desenvolver. Outra das fontes de erro poderá suceder por um erro digital no processo de interpretação do local, que poderá ser suavizado através de um sistema de calibração. Por fim, poderá ainda surgir um erro devido aos artefactos dos tecidos moles, devido ao facto de os sensores se fixarem em tecidos moles que se movem durante o movimento para representar um tecido ósseo não móvel. De forma a diminuir o movimento entre sensores, poderá ser colocado tape, ou velcro de forma a fixar não só os sensores, mas também o fio. Além disso, após a pesquisa bibliográfica verificou-se que este é um método válido sendo a media de erro inferior a 5° (média de erro *root-mean-square*) durante a elevação do MS, quando comparado com a colocação de pinos ósseos (Karduna *et al.*, 2001; Ludewig *et al.*, 2002).

Nesse mesmo dia, de forma a corrigir o erro entre os investigadores foi realizado o treino de competências com o objectivo de obter resultados com um erro inferior a 4mm.

Resultados: Não se obteve o resultado pretendido e, esta diferença superior a 4 mm pode ser justificada pelo facto de, com a prática, um dos investigadores ser mais rápido

a retirar o Stylus, do que o outro a clicar no trigger, confirmando a eminência óssea no software. De forma a ultrapassar este erro será importante uma melhor comunicação de forma a garantir que é confirmada a eminência ossea atempadamente.

Foi ainda falado neste treino de competências acerca da optimização segmentar que consiste no modelo pré-existente no software que é comparado com a medição do investigador tendo em conta que ambos possuem erro, calculando assim o local real do segmento.

Falou-se no sistema de optimização global. Neste sistema, o software tem em conta o movimento e as limitações articulares impedindo deslocações relativamente aos segmentos adjacentes (ex: escapula não se afasta mais de 1 cm do tórax). Através desta consideração do movimento articular e de uma compensação global do erro, é minimizado o efeito do movimento dos artefactos sobre a pele no cálculo da posição e orientação do sistema musculoesquelético (Lu & O'Connor, 1999), não permitindo assim que os movimentos sejam demasiado desproporcionais face à realidade. Este sistema veio melhorar essencialmente as deslocações e erros no plano transversal e frontal (rotações e adução/abdução) existentes na optimização segmentar (Lu & O'Connor, 1999).

Treino de dia 4 de Novembro 2013

Objectivo: Experimentar e uniformizar procedimentos de forma a diminuir o erro sistemático na recolha de dados e a familiarizar a investigadora da utilização do sistema electromagnético *Ascension "Flock of Birds" & trakStar* e do software *The MotionMonitor Toolbox Edition* (Innovative Sports Training, Chicago, IL, USA), como fonte de *biofeedback* durante a realização de exercícios

Descrição: Foi criada uma preference file "*ScapulaBiofeedback2013Recolha ZN*" para utilização na fase de consciencialização e foi iniciada a digitalização de dados. Foram realizadas recolhas nos exercícios da fase de consciencialização.

Resultados: Foram corrigidas as lacunas do treino anterior, obtendo-se um erro inferior a 4mm. Além disso, a realização dos vários exercícios permitiu à investigadora realizar os vários passos de digitalização do sujeito necessários para a sua utilização no decorrer da aplicação do programa de exercícios escápulo-torácicos. Concluiu-se que exercícios em decúbito dorsal devem ser evitados uma vez que os cabos, ao tocar na marquesa, influenciam os resultados, assim como a fixação dos sensores e dos cabos com tape é também importante para não alterar os dados fornecidos ao utente como feedback visual. Dado que a imagem visual apresentada pelo software não era de fácil compreensão para um utente, assim como os passos a seguir pelo fisioterapeuta para utilização do software eram também de difícil acesso, foi proposto pelos investigadores uma actualização de forma a tornar-se mais simples a sua utilização e a acrescentar funcionalidades importantes para a sua utilização como fonte de *biofeedback*.

Após a actualização do *software*, a investigadora, fez ainda o reconhecimento das nova actualização reproduzindo os mesmos passos de forma a manter-se actualizada face à nova imagem e novas funcionalidades do *software*.

Apêndice B: Protocolo de procedimentos para recolha de dados cinemáticos do ombro com o software *The Motion Monitor Toolbox Edition*

Neste manual, o utilizador pode encontrar ao detalhe todos os passos que deve seguir de forma a adquirir, analisar e visualizar dados biomecânicos do ombro através do software *The Motion Monitor Toolbox Edition*.

Iniciação

1. Clique sobre o ícone do programa **MotionMonitorToolbox** na área de trabalho para iniciar o mesmo.
2. Irá surgir uma caixa de diálogo onde o utilizador deverá escolher a opção que pretende. No caso exemplificativo, para servir de base para a construção deste tutorial, seleccionamos a opção **ShoulderProtocol**.
3. Clique em **OK**.



Procedimentos de Colocação e Activação de Sensores

4. Deverá colocar os sensores nas seguintes referências anatómicas:

Sensor #2: Processo espinhoso de C7

Sensor #3: Ângulo acromial

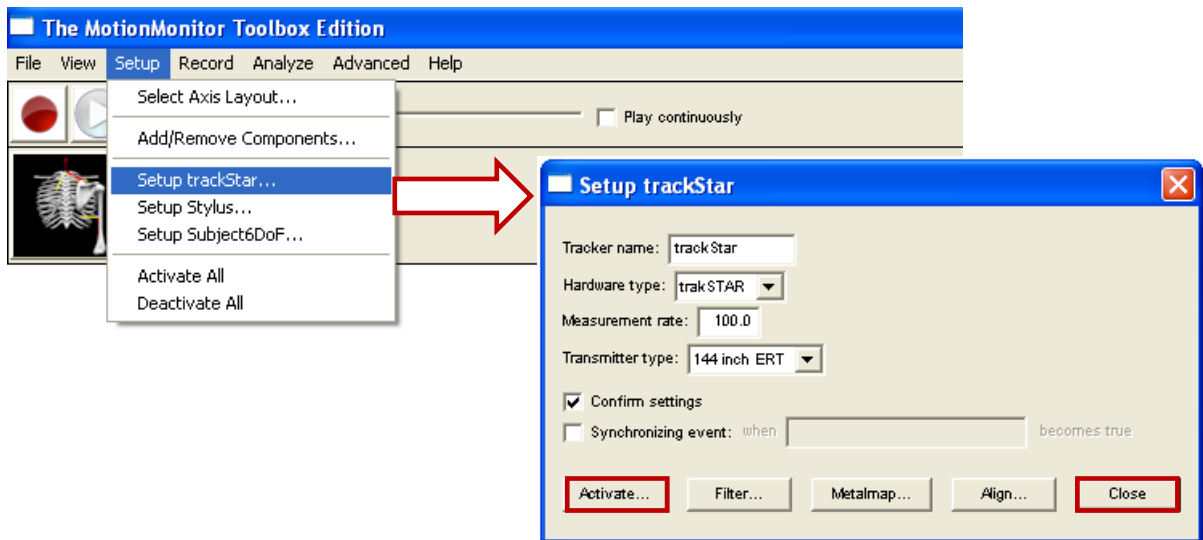
Sensor #4: Úmero

Outro sensor é definido como um sensor móvel para efeitos de digitalização do sujeito (*Stylus*).

Nota: Os sensores devem ficar bem fixos, assim como o cabo correspondente a cada um deles, recorrendo ao auxílio de *tape*.

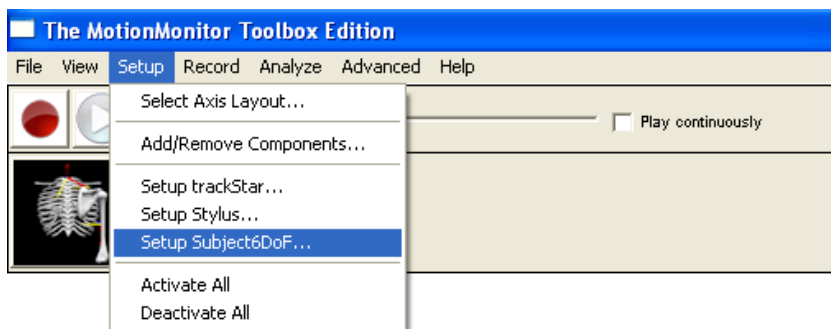
5. Irá surgir o menu principal, onde o utilizador irá realizar as várias atividades. Inicialmente deverá proceder à ativação dos sensores clicando em **Setup** na barra de ferramentas do menu principal e em seguida em **Setup trackStar**.

6. Posteriormente deverá clicar em **Activate** e em **Close**.



Procedimentos de Digitalização do Sujeito

7. Após a activação dos sensores, deve-se proceder à digitalização do sujeito. Na barra de ferramentas do menu principal deverá clicar em **Setup** e em seguida em **Setup Subject6Dof** para iniciar o processo de digitalização do sujeito.



8. Irá surgir uma nova caixa de diálogo. Para o processo de digitalização sugere-se que defina na secção **Subject name**, **Height** e **Mass** os dados do utente: nome, altura em cm e peso em Kg, respectivamente. Na secção **Neutral Stance** certifique-se que se encontra seleccionada a opção “Arms down, thumbs forward” e em **Stylus to use** selecione “stylus”.

9. Posteriormente, deverá proceder à marcação/identificação prévia das seguintes referências anatómicas:

Em Segment Definitions:

1. Torax
2. Left Scapula.
3. Right Scapula
4. Left Upper Arm.
5. Right Upper Arm

Em Joint Definitions:

6. C7/T1
7. T12/L1.
8. Left Shoulder
9. Right Shoulder
10. Left Elbow.
11. Right Elbow

10. Após verificar que as referidas referências estão seleccionadas, deverá clicar em **Capture.**

Setup Subject6DoF

Specify the axes of the sensor or rigid body associated with each segment, and the position of each joint (if required). When ready, press the "Capture" button to capture the subject's neutral stance.

Subject name:

Height: cm

Mass: kg

Neutral stance:

Stylus to use: (If used, stylus must report its values in the world coordinate system.)

Assume rigid bodies to be orientation-only

Script variable for fixation point index (0 - 4):

Script variable for sacrum fixation point:

Script variable for left heel fixation point: Offset from ankle: Transition to left ball when becomes true

Script variable for left ball-of-foot fixation point: Offset from ankle: Transition to right heel when becomes true

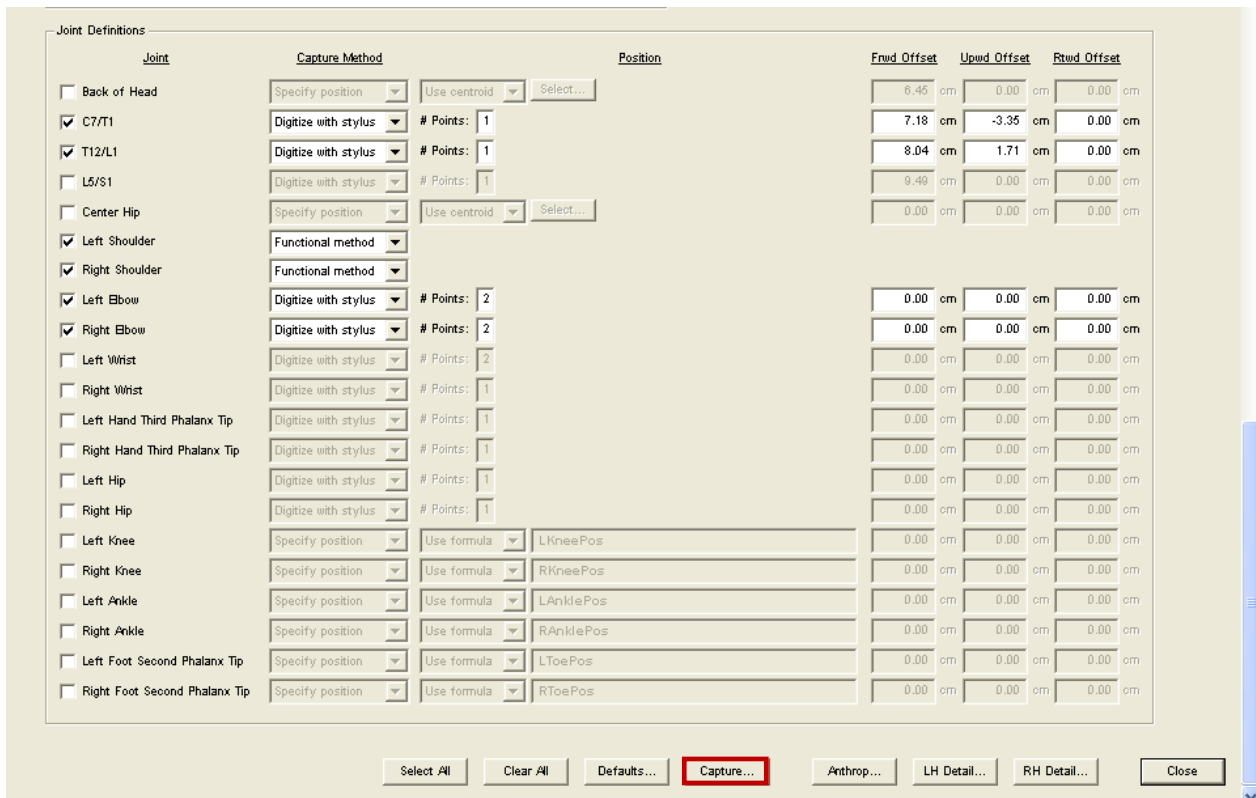
Script variable for right heel fixation point: Offset from ankle: Transition to right ball when becomes true

Script variable for right ball-of-foot fixation point: Offset from ankle: Transition to left heel when becomes true

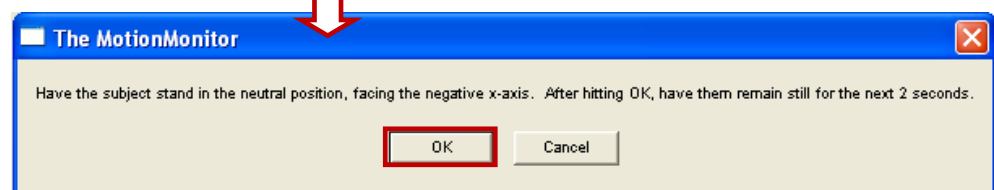
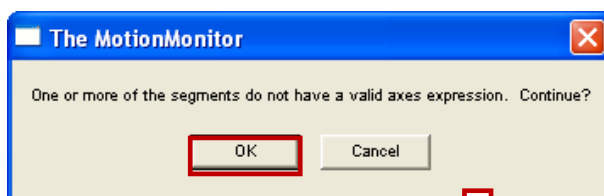
Keep fixation points on ground plane

Segment Definitions

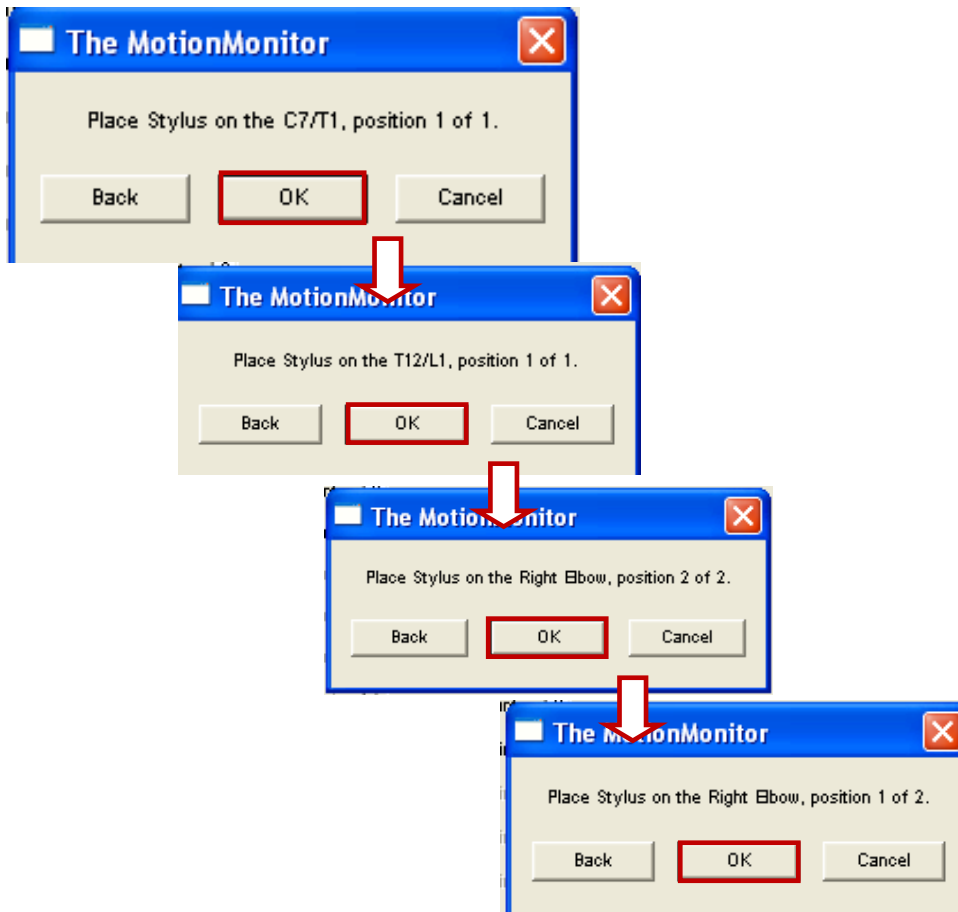
Segment	Axes of Sensor or Rigid Body
<input type="checkbox"/> Head	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Thorax	Use drop-lists <input type="text" value="Thorax Sensor"/>
<input type="checkbox"/> Lumbar	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input type="checkbox"/> Sacrum	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Left Scapula	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Right Scapula	Use drop-lists <input type="text" value="RScapulaSensor"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Left Upper Arm	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Right Upper Arm	Use drop-lists <input type="text" value="RUArmSensor"/>
<input type="checkbox"/> Left Forearm	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input type="checkbox"/> Right Forearm	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input type="checkbox"/> Left Hand	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>
<input type="checkbox"/> Right Hand	Use drop-lists <input type="text" value="<no selection>"/>



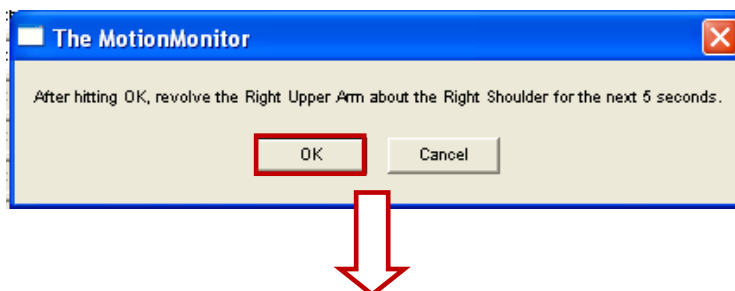
11. Surgirá uma nova caixa de diálogo, onde deverá clicar em **OK**, e posteriormente, certifique-se que o utente se encontra no sentido negativo do eixo do X e clique novamente em **OK**.

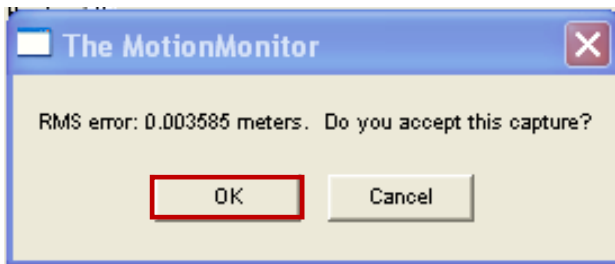


12. Surgirá uma primeira caixa de diálogo a indicar para colocar o **Stylus** sobre **C7/T1**. Depois de bem posicionado na devida referência anatómica, deverá clicar em **OK**. O mesmo processo deverá ser seguido nas 3 janelas seguintes para as devidas referências anatómicas (**T12/L1, Epicôndilo e Epitróclea**).

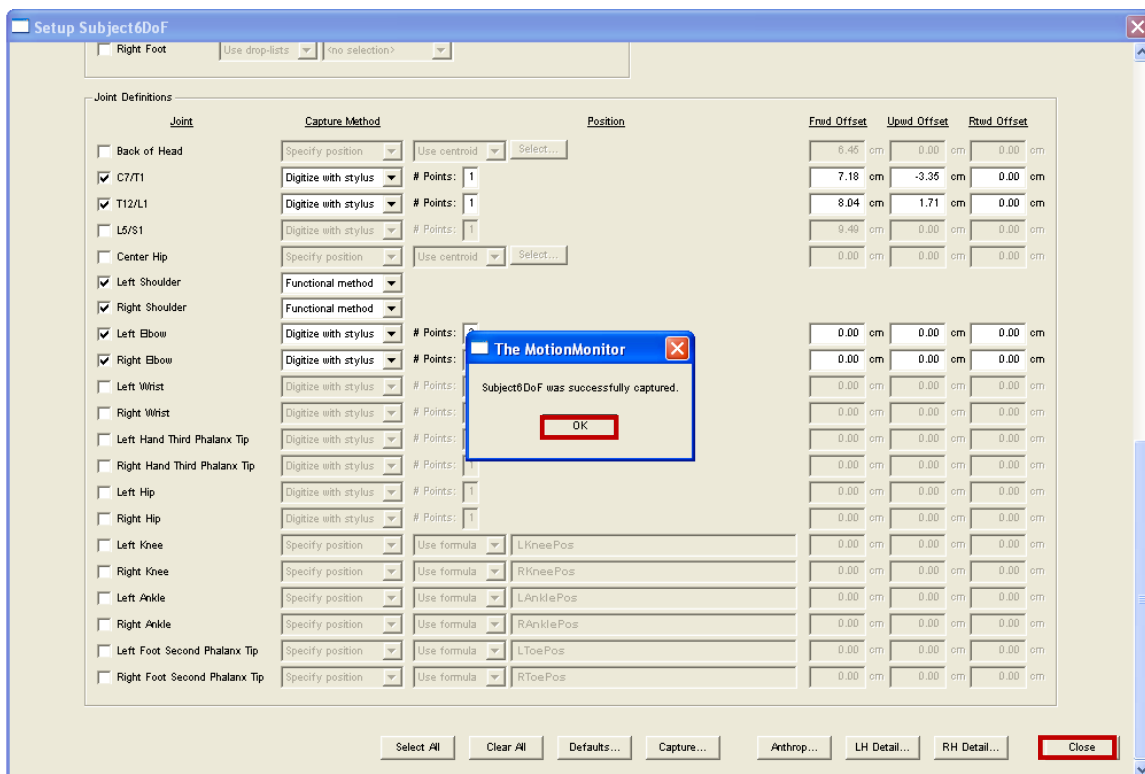


13. Em seguida, surgirá uma caixa de diálogo em que deverá realizar um movimento passivo de rotação do braço do sujeito durante 5 segundos. Deverá clicar em **OK** quando se sentir preparado para a sua realização. Após os 5 segundos surgirá uma mensagem de erro. O erro deverá ser **inferior a 0,005**. Se tal acontecer clique em **OK** para dar continuidade ao processo. Caso o erro seja superior a esse valor, clique em **Cancel** e terá de reiniciar o processo de captura dos dados a partir do ponto 10, clicando em **Capture** na janela “**Setup Subject6Dof**”.



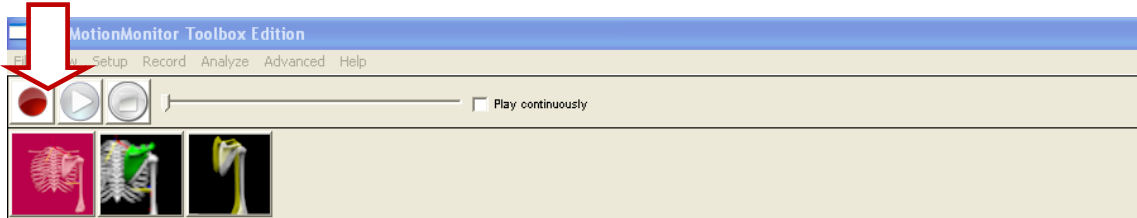
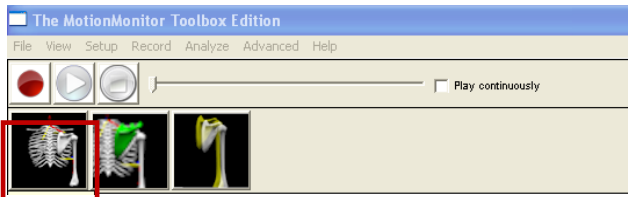


14. Por fim, surgirá uma caixa de diálogo a indicar que os dados do sujeito foram capturados com sucesso. Deverá clicar em **OK** e, em seguida, na janela “**Setup Subject6DoF**” deverá clicar em **Close**.

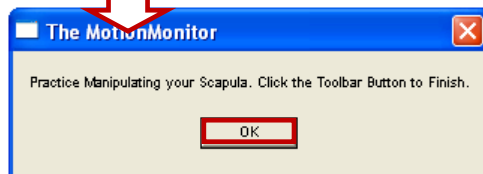
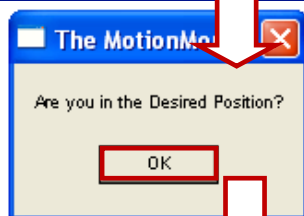
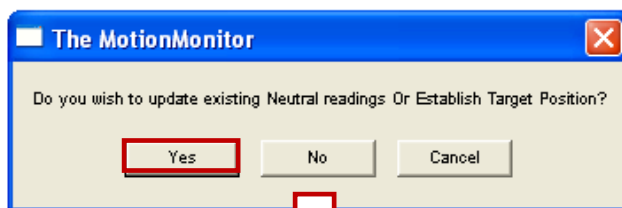


Definição da Zona Neutra do Sujeito

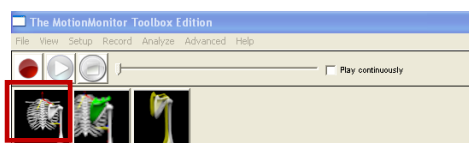
15. Na barra de ferramentas do menu principal deverá activar o ícone “**DefiniçãoDaZonaNeutra**” clicando sobre ele. Quando activado aparecerá em vermelho.



16. Posteriormente surgirão 3 caixas de diálogo: na primeira deverá clicar em **Yes**, de forma a confirmar que deseja actualizar a posição de zona neutra do sujeito. Seguidamente, o sujeito deverá colocar a sua omoplata na posição neutra e quando posicionado deverá clicar em **OK** na segunda caixa de diálogo. Por fim, deverá clicar em **OK** na última caixa de diálogo para terminar a tarefa.

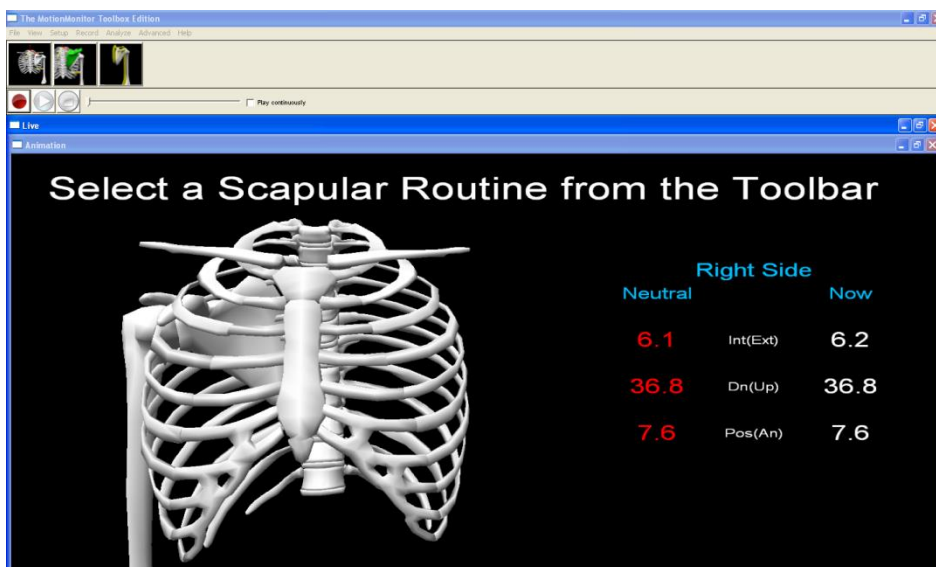
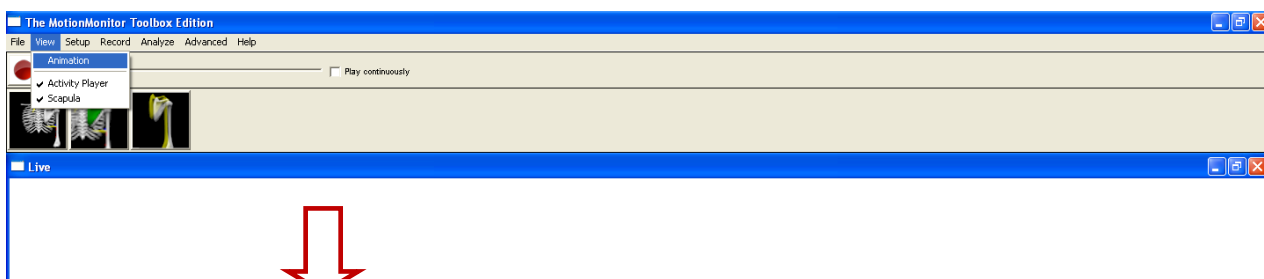
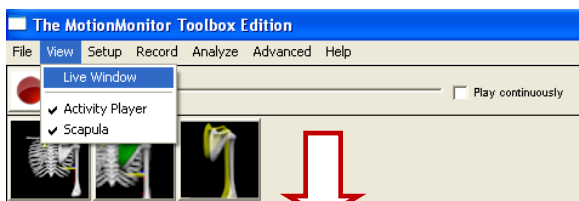


17. De forma a concluir o processo, o ícone “**DefiniçãoDeZonaNeutra**” deverá ser desactivado, de forma a que a imagem deixe de estar a vermelho.



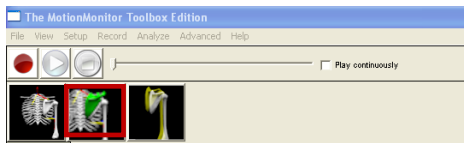
Treino de Exercícios (exemplo)

18. De forma a ver uma animação em tempo real, clique em **View** na barra de ferramentas do menu principal e em seguida em **Live Window**. Surgirá uma nova janela intitulada de “Live”. Posteriormente deverá clicar novamente em **View** e depois em **Animation**, surgindo então a janela de animação em tempo real.

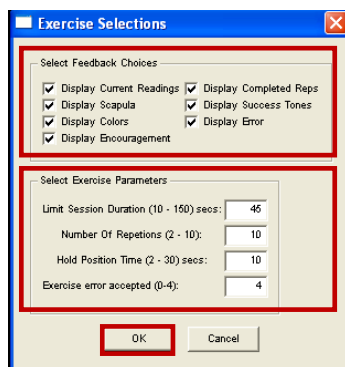


19. Pode manipular a imagem com o rato: o botão direito é utilizado para deslocar a imagem no sentido transversal e longitudinal do ecrã, o botão esquerdo roda a imagem em torno do seu eixo e o botão central do rato pode aumentar ou diminuir a dimensão da imagem (tem de clicar no botão de *scroll* antes de o rodar para funcionar correctamente).

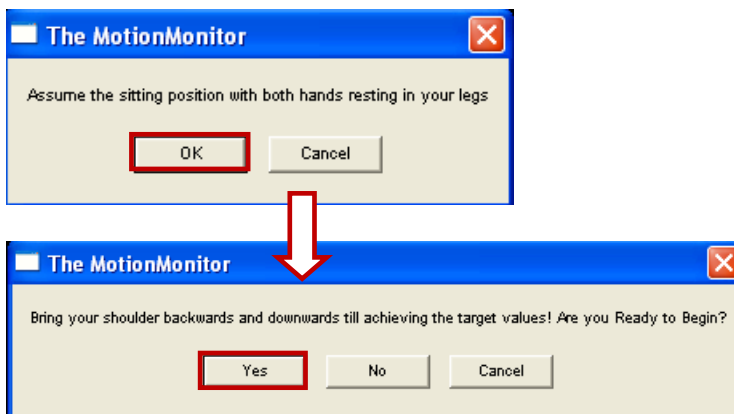
20. Para iniciar o treino de consciencialização deverá, inicialmente, clicar no segundo ícone: “TreinoDeConsciencialização”|”ExercícioDeActivaçãoDoTrapézioInferior”.



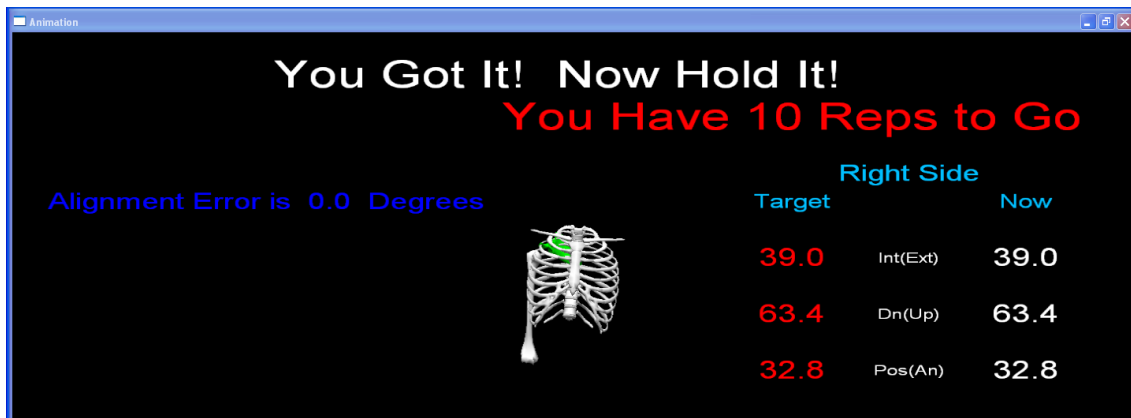
21. Surgirá uma caixa de diálogo com o título “Exercise Selections” onde poderá **activar/escolher o feedback** que pretende que apareça na janela de treino (*feedback valores de referência e de treino, imagem e cores da omoplata, frases de encorajamento, feedback de repetições em falta, feedback sonoro e dimensão do erro*). Deverá também **seleccionar os parâmetros do exercício** a realizar (*duração do exercício, número de repetições, tempo da manutenção da posição e erro aceite*). Após seleccionar as acções pretendidas, clique em **OK**.



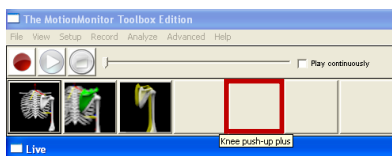
22. Surgirá uma caixa de diálogo que define a posição inicial do exercício. Deverá clicar **OK** após o sujeito assumir a posição. Posteriormente surgirá uma nova caixa de diálogo onde é explicado o movimento a realizar no exercício. Quando o utente se sentir preparado, clique em **Yes**.



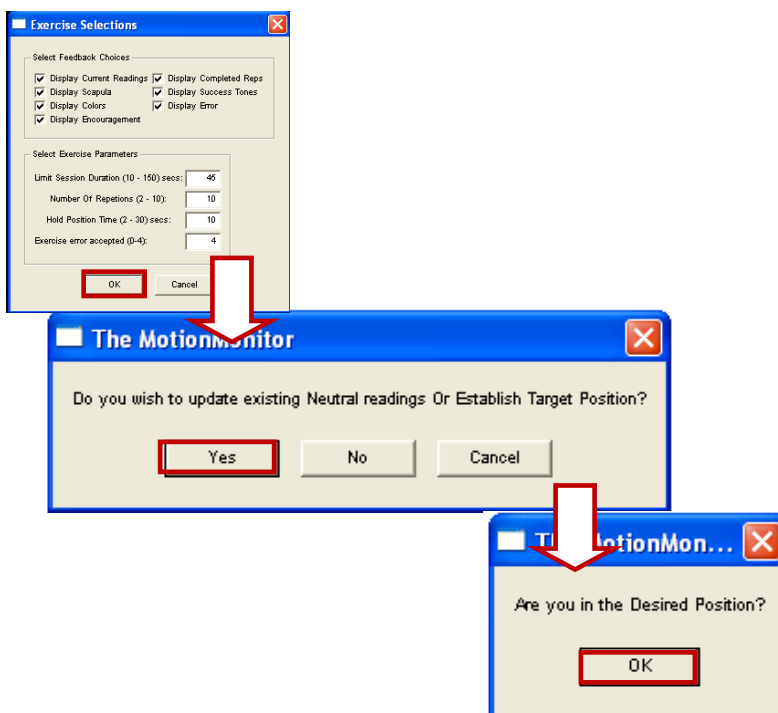
23. O utente deverá levar a omoplata para a posição neutra e mantê-la durante 10 segundos seguindo o feedback dado pela janela de treino.



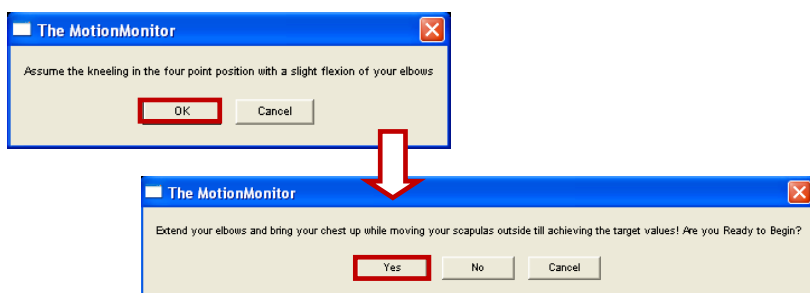
24. Após atingir o objectivo do exercício 1, poderá passar ao exercício 2. Para tal deverá desactivar o ícone do exercício “**ActivaçãoDoTrapezioInferior**” e activar o ícone do exercício 2: ícone do exercício “**KneePushUpPlus**”.



25. Este exercício necessita de uma nova definição de zona alvo. Após escolher os parâmetros do exercício, surgirão duas novas caixas de diálogo: na primeira deverá clicar em **Yes** de forma a actualizar a posição de zona neutra do sujeito. Seguidamente, o sujeito deverá colocar a sua omoplata na posição neutra e quando posicionado deverá clicar em **OK**.



26. Surgirá uma caixa de diálogo que define a posição inicial do exercício. Deverá clicar **OK** após o sujeito assumir a posição. Posteriormente, surgirá uma nova caixa de diálogo onde é explicado o movimento a realizar no exercício. Quando o utente se sentir preparado, clique em **Yes**.



27. O utente deverá realizar a tarefa seguindo o feedback dado pelo software até atingir o objectivo e progredir para o exercício seguinte.

Vanessa Rodrigues