



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



Comparação da solicitação muscular no exercício de prancha ventral realizado sobre uma superfície estável e sobre uma superfície instável

Dissertação elaborada com vista à obtenção
do Grau de Mestre em Treino do Jovem Atleta

Orientador

Professor Doutor Pedro Luís Camecelha de Pezarat Correia

Júri:

Presidente

Professor Doutor Pedro Luís Camecelha de Pezarat Correia

Vogais

Professor Doutor Ronaldo Eugénio Calçada Dias Gabriel

Professor Doutor Pedro Vítor Mil-Homens Ferreira Santos

Inês Luzia Neves Coelho Filipe

2010

AGRADECIMENTOS

Ao professor doutor Pedro Pezarat Correia, por ter aceite a orientação desta investigação, por todas as indicações teóricas e metodológicas que prestou desde o início deste trabalho. Por ter ajudado a preparar antecipadamente todas as cooperações de que previsivelmente foram necessárias. Pelo incentivo manifestado na procura do conhecimento e do rigor científico. Pelo desenvolvimento da autonomia alcançada ao longo deste estudo. E por todos os incentivos que foi dando no decorrer de todo este processo.

Ao colega de mestrado, Pedro Clérigo, pelas horas de trabalho e discussões partilhadas, em como sermos eficientes perante as adversidades e obtermos o melhor resultado. Pela amizade, companheirismo e profissionalismo em todas as fases deste trabalho.

Ao mestre Orlando Fernandes, pela partilha dos seus conhecimentos em programação em Matlab, pela disponibilidade e ajuda na construção e explicação das rotinas.

Ao professor Jan Cabri pelo seu contributo e disponibilidade na montagem e preparação dos instrumentos utilizados na recolha de dados.

À Maria João Valamatos, pela partilha de conhecimentos na recolha dos dados electromiográficos.

À amiga e professora Isabel Carvalho, pelas sugestões e críticas na escrita do português, que valorizaram este manuscrito. A ela, ao André e à Mariana pela presença, companheirismo e apoio durante todo este processo.

À Catarina Matias, por todo o apoio prestado na explicação e aplicação dos protocolos do DXA.

Ao Nelson Cortes, pela disponibilidade de tempo, ajuda e pelas questões pertinentes que foi colocando, relativas ao tratamento estatístico. Pelos conhecimentos e rigor científico transmitidos na recta final desta dissertação.

A todos os sujeitos que constituíram a amostra desta investigação, pela disponibilidade e pelo interesse demonstrado na sua participação neste trabalho.

À Magdalena, pela disponibilidade prestada na fase da recolha de dados no laboratório e durante outras etapas deste trabalho.

Ao Carlos Chagas, amigo e colega do Mestrado, pelos conselhos e pelo interesse demonstrado ao longo deste desafio.

À Maria José Valamatos, amiga e colega de profissão, pela amizade e pelos estímulos fornecidos.

Às minhas queridas amigas e colegas de profissão, Alda Santos, Ana Rita Cascarejo, Fátima Paiva, Patrícia Silva, Rita Meireles e Sofia Fareleira, pela partilha de conhecimentos e pelo incentivo fornecido, durante este percurso.

Aos meus queridos amigos, Ana Rita Gomes, Ana Sofia, Ângela Rodrigues, Paula Costa, Marta Martins, Bruno Pardelha, João Bérrio, João Espadinha, por nestes anos terem sempre acreditado na minha capacidade de superação e perseverança, pela presença constante, pelo imenso carinho e enorme amizade. Por percorrerem comigo este caminho desde o início da adolescência.

A toda a minha família, em particular à minha mãe, Áurea Filipe e aos meus manos, Ana e Sérgio, pelo infinito carinho e apoio imprescindível, tranquilidade e harmonia que sempre souberam demonstrar, particularmente nos momentos mais difíceis.

A todos aqueles que fazem parte da minha vida e que contribuem para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao João Espadinha, por existir na minha vida

Título: comparação da solicitação muscular no exercício de prancha ventral realizado sobre uma superfície estável e sobre uma superfície instável.

Introdução: a realização de exercícios abdominais em superfícies instáveis, é uma forma adicional ao tradicional método de treino de força abdominal realizada em superfícies estáveis, com o objectivo de se evidenciar o maior incremento da actividade muscular aliado a uma maior dificuldade de realização dos exercícios, imposta pela instabilidade da superfície.

Objectivos: analisar os efeitos da bola na activação de músculos flexores e extensores do tronco e analisar a resultante de força aplicada ao nível dos apoios superiores e inferiores durante a execução do exercício em prancha ventral.

Metodologia: trinta e cinco sujeitos voluntários ($20,86 \pm 2,53$ anos) realizaram o exercício abdominal isométrico em prancha ventral sobre uma superfície estável e uma instável. Foram recolhidos os dados EMG e os dados de força, durante 20 segundos, sendo estudados os primeiros 5 e os últimos 5 segundos de execução.

Resultados: existiram diferenças significativas na actividade EMG sobre a bola suíça para o recto abdominal ($p < .05$) e *longissimus dorsi* ($p < .05$) quando comparados com a execução do mesmo exercício sobre a superfície estável.

Conclusões: os nossos resultados sugerem que a prancha ventral sobre a bola suíça pode ser utilizada em programas de treino para o fortalecimento dos músculos extensores e flexores do tronco.

Palavras chave: *electromiografia, abdominais, prancha, ventral, superfície, instável.*

Title: Comparison of muscular demand in prone bridge on labile and stable surface.

Background: abdominal exercises on a labile surface are an additional way compared to those on a stable surface. This permits to amplify the training effects, and specifically challenge stability mechanisms.

Objectives: To analyze the ball effects on trunk muscle activity and to analyze resultant force during bridging stabilization exercise.

Methods: Thirty-five healthy subjects with a mean age of $20,86 \pm 2,53$ volunteered to perform prone bridge exercise on and off a swiss ball, electromyographic, and force data were collected, during 20 seconds. We specifically evaluated the first and last 5 seconds of task.

Results: prone bridge on swiss ball significantly increased EMG activity for: rectus abdominis ($p < .05$) and *longissimus dorsi* ($p < .05$) compared to a stable surface.

Conclusion: Ours results suggested that prone bridge on swiss ball could be performed in training programs to strengthen the extensors and flexors trunk muscles.

Keywords: *electromyography, abdominals, bridge, prone, surface, swiss ball.*

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
CAPITULO I – INTRODUÇÃO	1
CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
1. Análise de estudos EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais realizados com superfícies estáveis e instáveis	8
2. Análise de estudos EMG centrados em exercícios abdominais realizados com a bola suíça	12
2.1. Análise de estudos EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais em prancha	18
3. Análise de estudos EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais baseados na mobilidade do tronco e dos membros inferiores	21
CAPITULO III – METODOLOGIA.....	29
1. Identificação das variáveis	30
2. Caracterização da amostra	31
3. Descrição das tarefas motoras.....	32
4. Instrumentos e procedimentos utilizados na recolha	34
4.1. Recolha de sinais electromiográficos.....	37
4.2. Recolha dos dados de força.....	43
4.3. Recolha dos dados cinemáticos.....	45
4.4. Composição corporal	47
4.4.1. Medição da estatura e peso	47
4.4.2. DXA	47
5. Procedimentos utilizados no tratamento dos dados	50
5.1. Tratamento dos sinais electromiográficos.....	50
5.2. Tratamento dos dados de força	52
6. Tratamento estatístico	53
CAPITULO IV – RESULTADOS.....	54
7. Apresentação dos resultados.....	55
7.1. Apresentação dos resultados EMG.....	55
7.2. Apresentação dos resultados de Força	60
CAPITULO V – DISCUSSÃO	65
CAPITULO VI – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E LIMITAÇÕES.....	71
8. Conclusões.....	72
9. Recomendações.....	74

10. Limitações	76
Bibliografia.....	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dados descritivos dos sujeitos que constituíram a amostra.....	31
Tabela 2 – Quadro resumo do desenho experimental.....	36
Tabela 3 – Quadro resumo das entradas na <i>Input Box, Biovision</i> , dos sinais EMG – primeira definição.....	38
Tabela 4 – Quadro resumo das entradas na <i>Input Box, Biovision</i> , dos sinais EMG – segunda definição.....	38
Tabela 5 – Quadro resumo dos pontos de colocação dos pares de eléctrodos de superfície e das CVM (Hermens & Freriks, 2006).....	42
Tabela 6 – Valores médios e respectivo SD da percentagem da CVM do EMG, dos cinco músculos, durante os primeiros e os cinco segundos finais do exercício isométrico em prancha ventral, sobre a caixa de madeira e sobre a bola suíça.....	55
Tabela 7 – Comparação da actividade EMG entre os dois tipos de superfície – superfície estável e bola suíça	56
Tabela 8 – Comparação da actividade EMG entre os dois períodos de tempo - durante os primeiros cinco segundos e os cinco segundos finais de execução do exercício isométrico em prancha ventral.....	57
Tabela 9 – Interação da actividade EMG entre cada tipo de superfície, durante os primeiros cinco segundos e os cinco segundos finais de execução do exercício isométrico em prancha ventral.....	58
Tabela 10 – Valores médios e respectivo SD da resultante de força (<i>Newton</i>) sobre os dois apoios, durante os primeiros e os 5 segundos finais do exercício isométrico em prancha ventral, sobre a bola suíça e sobre a caixa de madeira.	60
Tabela 11 – Valores médios e respectivo SD da resultante de força (<i>Newton</i>) sobre o apoio frontal, variáveis independentes que tiveram valor significativo durante o exercício isométrico em prancha ventral.....	61

Tabela 12 – Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) sobre o apoio traseiro, variáveis independentes que tiveram valor significativo durante o exercício isométrico em prancha ventral..... 62

Tabela 13 – Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) exercida em cada apoio, no tempo 1 e no tempo 2, comparando a interação entre superfícies, durante a execução do exercício isométrico em prancha ventral..... 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Prancha ventral, sobre superfície estável e instável.....	33
Figura 2 – Plataforma de força (<i>Balance Footscan</i>)	43
Figura 3 – Posição das duas câmaras digitais.....	46

ÍNDICE DOS ANEXOS

ANEXO I – ROTINAS DE MATLAB

ANEXO II – OUTPUT SPSS – EMG

ANEXO III – OUTPUT SPSS – FORÇA

ANEXO IV – TERMO DE RESPONSABILIDADE

ANEXO V – CERTIFICADO DE PARTICIPAÇÃO

LISTA DE ABREVIATURAS

A/D – sinal analógico / sinal digital

DXA – *dual energy X-ray absorptiometry*

EMG – electromiografia

ECG – electrocardiograma

CVM – contracção voluntária máxima

GDD – músculo grande dorsal, lado direito

LE – músculo *longissimus dorsi*, lado esquerdo

MD – músculo *multifidus*, lado direito

RAPI - músculo recto abdominal, porção inferior

RAPS – músculo recto abdominal, porção superior

RMS – *root mean square*

t1 – tempo, primeiros cinco segundos da execução do exercício

t2 – tempo, cinco segundos finais da execução do exercício

VB - prancha ventral sobre a bola suíça

VC – prancha ventral, sobre a caixa

Vct1 – prancha ventral, sobre a caixa, nos primeiros cinco segundos da execução do exercício

Vct2 – prancha ventral, sobre a caixa, nos cinco segundos finais da execução do exercício;

VBt1 – prancha ventral, sobre a bola suíça, nos primeiros cinco segundos da execução do exercício;

VBt2 – prancha ventral, sobre a bola suíça, nos cinco segundos finais da execução do exercício.

CAPITULO I – INTRODUÇÃO

A realização de exercícios abdominais, em superfícies instáveis, é uma forma adicional aos tradicionais métodos de treino de força abdominal realizados em superfícies estáveis. A utilização deste tipo de superfícies tem o objectivo de se evidenciar o maior incremento da actividade muscular aliado a uma maior dificuldade de realização dos exercícios, imposta pela instabilidade da superfície. Partimos do pressuposto que os exercícios em prancha, em contracção isométrica, realizados sobre a bola suíça, permitem o desenvolvimento do equilíbrio dinâmico, uma vez que é necessário que o sujeito equilibre o corpo durante um movimento de uma forma coordenada.

A electromiografia de superfície tem como finalidade a captação da actividade eléctrica gerada no músculo durante a sua contracção (De Luca, 1997). Nesse sentido tem sido utilizada para avaliar a contracção dos músculos abdominais e dos músculos posteriores do tronco durante diferentes tipos de exercício e actividade (Lehman et al., 2005; Behm et al., 2005; Whal & Behm, 2008; Stevens et al., 2006; Shellenberg et al., 2007).

O músculo recto abdominal é o principal responsável pela flexão do tronco e os músculos oblíquos são agonistas principais na flexão lateral e rotação do tronco e auxiliares da flexão do tronco além de estarem envolvidos na estabilização da bacia e do tórax. São diversos os exercícios abdominais realizados em superfícies estáveis, sendo a sua eficiência comprovada através de estudos electromiográficos (McGill, 1998; Lehman & McGill, 2001; Nobre, 2002; Correia et al., 2003; Andersson et al., 1997; Juker et al., 1998; Axler & McGill, 1997). Por outro lado, são poucos os estudos sobre os

exercícios abdominais realizados em superfícies instáveis para caracterizar a participação dos músculos abdominais. No entanto encontram-se na literatura alguns estudos que estabeleceram essa comparação.

Hildenbrand & Noble (2004) verificaram que o exercício de flexão do tronco executado no chão proporcionava maior activação dos músculos oblíquos externos que o mesmo exercício realizado sobre uma bola suíça, mas que esta superfície instável proporcionava maior activação dos músculos recto abdominal e recto femoral.

Lehman et al. (2006) verificaram maior activação dos músculos recto abdominal e oblíquo externo no *push up* com as mãos sobre uma superfície instável (bola suíça) comparada com a realização do mesmo exercício numa superfície estável (banco).

Whal & Behm (2008) verificaram maior activação da porção inferior do músculo recto abdominal, e do músculo solear, durante o exercício em pé sobre uma bola suíça (superfície considerada muito instável) e sobre a *wooble board* (superfície considerada moderadamente instável) comparado com a realização do mesmo exercício sobre uma superfície estável (chão). De todas as superfícies instáveis que estudaram, *bosu ball*, *wooble board* e bola suíça verificaram que o uso de superfícies moderadamente instáveis (*bosu ball* e *wooble board*) não é tão eficaz como o uso da bola suíça, provocando uma menor activação muscular em sujeitos altamente treinados.

Vera-Garcia et al. (2000) verificaram que a superfície instável (bola suíça) incrementou uma maior activação muscular, durante a

execução do exercício abdominal *curl-up*, do que a realização do mesmo exercício numa superfície estável.

Apesar dos estudos previamente referidos verificamos uma carência de estudos comparativos entre os dois tipos de superfície, que pode ser justificada pela dificuldade em realizar os exercícios abdominais, pela exigência de equilíbrio e coordenação, neste tipo de superfícies. E mesmo atendendo aos estudos realizados, os resultados não são inequívocos demonstrando, do ponto de vista da activação muscular, uma clara vantagem de um tipo de superfície em relação a outro. Em vários dos estudos que compararam a actividade dos músculos abdominais em superfícies estáveis e instáveis, os autores (Vera-Garcia et al., 2000; Behm et al., 2002; Kenneth et al. 2004; Lehman et al., 2005; Whal & Behm, 2008) sugeriram a continuidade de pesquisas que abordem esta temática.

A dificuldade em realizar exercícios sobre uma superfície instável, pela exigências de equilíbrio, força, coordenação (Behm et al., 2002) e possivelmente de uma consciência corporal, aliada ao facto da instabilidade provocada pela bola proporcionar o incremento da activação muscular, da co-contracção e da estabilidade dinâmica (Vera-Garcia et. al., 2000), justifica a necessidade de tentar perceber se estes factores são evidentes na execução do exercício abdominal em prancha ventral.

No que concerne à escolha dos exercícios em contracção isométrica, Stevens et al. (2006) referiram a importância desta forma de execução, uma vez que o objectivo dos exercícios de estabilização é proteger as estruturas de ligação da coluna (vértebras) de

microtraumatismos de repetição, dor recorrente ou alterações degenerativas.

Independentemente das limitações atrás referidas, para incrementar os efeitos do treino no exercício de prancha e, especificamente, os mecanismos de mudança na estabilidade durante a execução de exercícios, o uso de superfícies instáveis, com recurso às bolas suíças, foi aconselhada em alguns estudos (Stevens et al. 2006; Lehman et al., 2005; Whal & Behm, 2008).

Neste sentido, esta investigação procura dar resposta ao seguinte problema geral: avaliar se existem diferenças na intensidade de activação dos músculos flexores e extensores do tronco durante a execução do exercício abdominal em prancha ventral, em superfícies estáveis e instáveis.

A pertinência na escolha deste tipo de execução de exercícios abdominais deve-se ao facto deste exercício ostentar uma representação dos exercícios que visam mudanças e variações na musculatura do tronco (*core*), segundo estudos sobre actividade electromiográfica dos músculos abdominais (Behm et al., 2002; Hildenbrand & Noble 2004; Kenneth et al., 2004; Behm et al., 2005; Lehman, 2005; Marshall & Murphy, 2005), realizados em superfícies estáveis. Estes estudos indicaram que este exercício potencia os músculos da parede lateral do abdómen e minimiza a pressão associada à coluna vertebral, durante a sua realização.

Assim, o objectivo geral do nosso trabalho foi comparar a solicitação muscular ao nível do tronco no exercício de prancha ventral realizado numa superfície estável e numa superfície instável.

Especificamente, pretendemos:

1. Analisar a intensidade de activação de músculos flexores e extensores do tronco durante a execução do exercício de prancha ventral, em superfícies estáveis e instáveis.
2. Analisar a resultante de força aplicada ao nível dos apoios superiores e inferiores durante a execução do exercício de prancha ventral, em superfícies estáveis e instáveis.

Este problema foi colocado por querermos inovar tanto na área do treino, percebendo as vantagens da utilização de superfícies instáveis na execução de exercícios que desenvolvam a musculatura do tronco, como na área da saúde, percebendo as repercussões que podem existir na coluna quando se realizam este tipo de exercícios.

A ideia inicial era tentarmos obter também informação sobre a coluna lombar, razão pela qual os dados cinemáticos e do DXA foram recolhidos, mas que não foi possível serem tratados os dados porque excedia o possível, em termos temporais para uma tese de mestrado.

CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo pretendemos fundamentar a necessidade de entendermos o que já foi estudado, com recurso à electromiografia, sobre a solicitação muscular em exercícios abdominais. Mais especificamente, procurámos analisar os estudos centrados na influência do tipo de superfícies sobre as quais esses exercícios são realizados, que influência a execução desses exercícios possa ter na mobilidade de tronco e, de uma forma menos relevante no nosso estudo, mas que considerámos importante pela opção de termos escolhido estudar o exercício em prancha ventral, a influência que a execução dos exercícios abdominais possa ter na mobilidade do tronco.

1. Análise de estudos de EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais, realizados sobre superfícies estáveis e instáveis

Vera-Garcia et al. (2000) estudaram a realização de quatro condições do exercício abdominal *curl-up* (**CU** – tradicional *curl-up* executado sobre uma superfície estável, banco, no qual o sujeito se encontrava deitado em decúbito dorsal, com os joelhos e as pernas flectidas e com ambos os pés apoiados no banco; **CUBF** – *curl-up* executado sobre uma bola suíça, em que o sujeito estava deitado em decúbito dorsal, com a parte superior do corpo sobre a bola suíça, com os joelhos e as pernas flectidas e com ambos os pés assentes no chão; **CUBB** – *curl-up* executado sobre uma bola suíça, em que o sujeito estava deitado em decúbito dorsal, com a parte superior do corpo sobre a bola suíça, com os joelhos e as pernas flectidas e com os pés assentes no banco; **CUPT** – *curl-up* executado sobre uma superfície

instável - *wobble board* -, deitado em decúbito ventral, com a parte superior do corpo sobre a prancha, com os joelhos e as pernas flectidas e ambos os pés assentes no chão), em três superfícies diferentes (banco, bola suíça e *wobble board*). Observaram que a actividade muscular e a estabilização da coluna vertebral variavam de acordo com a superfície em que o exercício foi solicitado, sendo maior a solicitação dos músculos da parede antero-lateral do abdómen e maior a estabilização da coluna vertebral na realização do exercício em superfícies instáveis (bola suíça e *wobble board*).

A estabilização da coluna lombar foi, neste estudo, controlada através da filmagem do plano sagital dos sujeitos durante a execução de cada tarefa do *curl-up*, confirmando assim, que a postura do tronco permanecia constante entre as tarefas. Durante a execução do *curl-up* nas superfícies instáveis, o músculo recto abdominal e os músculos oblíquos externos (RA= 35%; OE= 10%) apresentaram maior solicitação do que em superfícies estáveis (RA= 21%; OE= 5%). Em todas as condições que foram estudadas por estes autores, o exercício *curl-up* proporcionou uma maior actividade do recto abdominal do que dos músculos oblíquos internos e externos. Referiram ainda que os músculos oblíquos internos, nas quatro condições de exercício, em superfícies instáveis (OID-CUBF= 19,27%; OID-CUBB=17,11%; OID-CUPT= 16,14%; OIE-CUBF= 19,79%; OIE-CUBB=16,47%; OIE-CUPT=16,08%), apresentaram uma maior activação do que os músculos oblíquos externos (OED-CUBF= 21,21%; OED-CUBB=9,24%; OED-CUPT= 7,37%; OEE-CUBF= 19,75%; OEE-CUBB=11,28%; OEE-CUPT=9,12%). Na execução do *curl-up* sobre a superfície estável a activação do músculo recto abdominal foi de 21% da CVM e do músculo oblíquo externo foi de 5% da CVM. A realização do exercício sobre a

superfície instável (bola suíça) provocou um incremento na actividade muscular, em particular, na activação do músculo recto abdominal (35% da CVM) e do músculo oblíquo externo (10% da CVM).

A partir dos valores de actividade muscular encontrados neste estudo para o músculo recto abdominal (entre 20% a 55% da CVM), estes exercícios parecem, segundo os autores, constituir estímulos que favorecem o aumento da produção de força e a capacidade de resistência do músculo, no sentido de aumentar a estabilidade de todo o corpo sobre a superfície instável (bola suíça), reduzindo a ameaça de queda desta superfície. Para os autores deste estudo, os resultados observados para os músculos oblíquos (a partir dos 5% a 20% da CVM), durante a realização das tarefas do *curl-up* sobre as superfícies instáveis, sugeriram uma boa margem para assegurar uma estabilidade suficiente a nível da coluna, durante uma posição neutra. Todos estes resultados permitiram aos autores concluir que a execução daquele exercício realizado sobre superfícies instáveis: (1) proporcionou mudanças, tanto na amplitude da actividade muscular como na forma como os músculos co-activaram, permitindo maior estabilidade da coluna e maior estabilidade em todo o corpo. (2) proporcionou uma exigência muito maior sobre o sistema motor, que pode ser desejável para fases específicas num programa de reabilitação desde que essa exigência seja tolerável a nível dos movimentos da coluna. Contudo, alertam que o uso da bola suíça pode causar uma grande solicitação de carga para a coluna.

Segundo Norris (1993), quando se pretendia fortalecer os músculos abdominais, tornava-se desaconselhável a execução de exercícios que se caracterizavam por uma grande activação dos músculos

flexores da coxa, uma vez que, numa situação de existir um desequilíbrio de força entre os músculos abdominais e os músculos flexores da coxa (por exemplo, músculos fortalecidos da coxa com músculos pouco fortalecidos da parede antero lateral do abdómen), podia desencadear-se uma anteversão da bacia, a qual podia alterar ou acentuar a curvatura da região lombar da coluna vertebral (possivelmente originar uma lordose lombar). Marshall & Murphy (2005) verificaram que existe incremento da actividade da musculatura abdominal, quando os segmentos corporais estão uniformemente distribuídos sobre uma base instável que sustenta o sujeito.

Whal & Behm (2008) estudaram uma variedade de exercícios, entre os quais, posturais, em várias condições de realização (solo, *bosu ball*, *dyna discs*, *wobble board* e bola suíça), monitorizando os músculos solear, bicípede femoral, recto femoral, porção inferior do recto abdominal. Os exercícios executados em pé sobre as superfícies instáveis, foram comparados entre si, sendo encontradas diferenças significativas entre a bola suíça quando comparada com o solo, *dyna disc* e *bosu ball*, para o músculo recto abdominal, porção inferior. Os resultados também permitiram aos autores verificar que existiu um incremento na actividade electromiográfica de todos os músculos monitorizados, durante a realização do exercício em pé sobre a bola suíça. Neste sentido, Whal & Behm (2008) verificaram que a instabilidade de uma superfície era dependente ou podia ser manipulada alterando a extensão da base de apoio (sugerindo que a uma base de sustentação pequena, implica uma menor estabilidade) sobre a superfície, alterando a distância vertical ou horizontal da base de sustentação, durante a execução de exercícios (sugeriram que

bolas suíças de grande diâmetro, podiam ser menos estáveis, especificamente neste estudo, em situações de exercícios estáticos, uma vez que foi utilizado um exercício postural e estático, na posição de pé, sobre a bola suíça).

2. Análise de estudos de EMG centrados em exercícios abdominais com a bola suíça

Sherrington foi o fisioterapeuta que introduziu o uso das bolas para fins terapêuticos e de reabilitação de indivíduos (Behm et al., 2002). Fisioterapeutas, especialmente alemães e suíços, foram os pioneiros no uso da bola suíça para o treino desportivo. Segundo Kenneth et al. (2004) as bolas suíças são utilizadas como instrumentos para o treino, fornecendo um contexto instável para a produção de força. Os efeitos do treino neste tipo de superfície têm sido demonstrados com o treino de força abdominal. Quanto às condições instáveis de realização, estes autores sugerem que a instabilidade provoca um enorme *stress* em toda a musculatura do corpo. Esse *stress* é essencial na acção de obrigar o corpo a adaptar-se a um novo estímulo.

Behm et al. (2005) realizaram um estudo sobre a actividade electromiográfica dos músculos do tronco em superfícies instáveis, analisando séries de exercício para os músculos do *core*. Verificaram que a instabilidade da superfície gerou uma activação maior da porção inferior do recto abdominal como estabilizador dos músculos do tronco (em comparação com uma superfície estável - banco). Estes autores verificaram através dos resultados obtidos, que a

execução de exercícios em superfícies instáveis, realizados de uma forma controlada, incrementa a actividade muscular. Sugeriram, ainda, que a maior instabilidade da bola e do corpo humano, provocava um maior *stress* no sistema neuromuscular, do que os métodos tradicionalmente usados para o treino da força (superfícies estáveis ou solo). Mencionaram vantagens do treino sobre uma superfície instável e que podiam basear-se na importância das adaptações neuromusculares e no incremento da força. Ganhos de força podiam ser atribuídos tanto pelo incremento da secção transversa do músculo como pela melhoria na coordenação neuromuscular. Em suma, estes autores sugeriram que o uso da bola suíça incrementou uma grande activação dos músculos do *core*, especificamente, durante a realização do exercício *superman*, esse incremento foi muito elevado.

Alguns estudos (Behm et al., 2002; e Hildenbrand & Noble 2004) referiram que os exercícios de estabilidade executados sobre a bola suíça, podem reduzir a produção de força máxima. Referiram ainda, que a diminuição do equilíbrio associado ao treino de resistência sobre uma superfície instável, podia potenciar uma maior participação dos membros (e não do *core*) para manter a estabilidade sobre essa superfície. Contudo, no estudo de Behm et al. (2002), os autores sugeriram que a bola suíça provocou um grande incremento na activação muscular, dos músculos do *core*, em particular, durante a execução do exercício *chest press*.

A eficácia do treino com superfícies instáveis tem sido demonstrada com exercícios de desenvolvimento da força da musculatura superior do corpo. Neste sentido, Lehman et al. (2006), na investigação

realizada aos músculos do tronco, sendo um dos exercícios estudados o *push up* com as mãos sobre uma superfície instável (bola suíça), referiram que este tipo de superfície influenciou uma maior participação da musculatura abdominal (valores apresentados em relação à % CVM), no que respeita aos músculos recto abdominal ($22,6 \pm 8,6$) e oblíquo externo ($24,07 \pm 11,9$), comparada com a realização do mesmo exercício numa superfície estável (banco) em que a activação muscular foi menor - recto abdominal ($13,4 \pm 5,4$) e oblíquo externo ($20,09 \pm 15,6$).

Hildenbrand & Noble (2004) compararam a actividade electromiográfica da musculatura abdominal e a participação do músculo recto femoral em diferentes exercícios usando três aparelhos abdominais (*abroller*, *abslide* e bola suíça). Os resultados encontrados para o exercício de flexão do tronco executado no solo e para o exercício abdominal realizado na bola suíça (com pernas em completa extensão) sugeriram uma maior activação das porções inferior (153,4 mV) e superior (236,8 mV) do recto abdominal e do recto femoral (14,8 mV) para o exercício realizado na bola suíça. Contudo, não existiram diferenças significativas para a porção inferior do recto abdominal, nas diferentes condições de exercício. Por outro lado, foram encontradas diferenças significativas para o músculo recto femoral quando o exercício foi executado sobre a bola suíça, em comparação com a execução noutros aparelhos. Quanto aos valores para o recto femoral, foram encontradas diferenças significativas para o exercício realizado na bola suíça, sugerindo uma maior activação deste músculo (14,83 mV) comparando com o exercício abdominal realizado no solo (9,20 mV). Quanto aos resultados obtidos para o músculo recto femoral, os autores sugeriram que a instabilidade proporcionada pela bola suíça requer

dos sujeitos uma maior contracção muscular para manter a correcta posição sobre a bola, o que não se verificou quando os sujeitos realizaram o exercício abdominal no solo. Estes autores sugeriram ainda que a maior activação do recto femoral, nos exercícios executados sobre a bola suíça, estivesse relacionada com a necessidade de manter estável a posição do corpo em cima da bola, uma vez que esta não fornece uma base estável de sustentação. Assim, sugeriram que quando se realiza um exercício abdominal sobre uma superfície instável, é necessário existir um maior tempo de familiarização e coordenação com a superfície, devido ao aumento do nível de dificuldade, podendo ocorrer uma maior activação electromiográfica de outros músculos, como o músculo recto femoral, podendo tornar-se num factor indesejável na execução do exercício. Sugeriram, ainda, que o uso da bola suíça pode ser seleccionado para diversificar um programa de treino ou um programa de reabilitação física para os músculos abdominais, por ser uma superfície instável que provocava alterações significativas na activação da musculatura do tronco.

Por outro lado, pesquisas recentes que avaliam os exercícios em Prancha (Behm et al., 2005; Lehamn et al, 2005; Stevens et al. 2006; Shellenberg et al. 2007) ou outros exercícios de estabilização (Marshall & Murphy, 2005), não garantem que o uso da bola suíça possa incrementar grandes alterações no sistema musculoesquelético, ou vantagens no treino de estabilidade, em sujeitos saudáveis. Marshall & Murphy (2005), durante o programa de treino com exercícios de estabilização sobre a bola suíça, verificaram uma menor actividade muscular do recto abdominal, quando comparada com todos os músculos da região lombar/pélvica.

Drake et al. (2006) num estudo que realizaram para determinar as vantagens do uso da bola suíça no treino de exercícios que previam a extensão do tronco, concluíram que não houve vantagens da utilização da bola suíça, no treino dos músculos extensores do tronco, uma vez que encontraram valores semelhantes de co-contracção entre os músculos flexores e extensores do tronco, quando os exercícios foram realizados tanto no solo como na bola. Contudo, como quantificaram a força exercida a nível da coluna lombar, os autores sugeriram o uso da bola suíça na execução daquele tipo de exercícios, mas para fins terapêuticos (reabilitação), uma vez que o movimento da coluna é reduzido.

No estudo realizado por Marshall & Murphy (2006) comparando a execução do exercício abdominal com elevação bilateral dos membros inferiores (*double leg lowering*) numa superfície instável (bola suíça) e estável, encontraram diferenças significativas na activação do músculo recto abdominal. A activação deste músculo, recolhida através de EMG, foi 13% mais elevada na execução do exercício sobre a bola suíça do que na superfície estável. O esforço solicitado da musculatura abdominal foi significativamente maior na bola suíça (músculo transverso/oblíquo interno= 55.13 ± 15.18 ; recto abdominal= 54.90 ± 16.24 ; oblíquo externo= 45.2 ± 21.77) do que na superfície estável (músculo transverso/oblíquo interno= 51.12 ± 10.54 ; recto abdominal= 41.79 ± 14.12 ; oblíquo externo= 44.4 ± 18.72). Estes resultados sugeriram que a massa muscular dos membros inferiores provocou um torque sobre a cintura pélvica que mudou a estabilidade do corpo, sendo esta situação compensada pela activação dos flexores dos membros inferiores. Pesquisas anteriores demonstraram uma elevada coactivação abdominal

aquando do levantamento de pesos livres sobre uma superfície instável (Dieen et al., 2003). A elevada coactivação abdominal verificada nesse momento, pareceu ser atribuída ao incremento do *stiffness* muscular do tronco ou para manter a estabilidade da coluna lombar ou para manter o movimento constante durante a tarefa.

Também no estudo de Marshall & Murphy (2006) no qual o exercício abdominal foi realizado em condições isométricas, o incremento da actividade do músculo recto abdominal pode ter sido interpretado neste contexto, em que a coactivação dos músculos abdominais foi solicitada para manter a estabilidade da coluna lombar na bola suíça. Os resultados que obtiveram demonstraram que a actividade do recto abdominal foi menor em comparação com a activação dos músculos oblíquos externos e músculos oblíquos internos no exercício em superfície estável, mas 13% mais elevada essa activação na superfície instável, onde se obteve um valor superior comparado com a activação dos músculos oblíquos externos e músculos oblíquos internos.

McGill (2001) recomendou o uso da bola suíça em programas de reabilitação, focados em exercícios que promovessem a estabilidade da coluna. No entanto, acautela que a reabilitação de sujeitos com patologias na coluna deve centrar-se, em primeiro lugar, na execução de exercícios no solo e só depois ser utilizada a bola suíça. Recomendou, também, que o uso da bola suíça deve ser feito com auxílio, para novos utilizadores deste tipo de superfície instável, que nunca tenham realizado um programa de treino que solicitasse o desenvolvimento dos músculos do *core*, e que nunca se deve ignorar o incremento do movimento da coluna, com uso da bola.

2.1. Análise de estudos de EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais em prancha

Como já foi referido, para incrementar os efeitos do treino no exercício abdominal em prancha e, especificamente, aumentar os mecanismos de alteração da estabilidade, superfícies instáveis como as bolas suíças são aconselhadas em diversos estudos (Kenneth et al., 2004; Stevens et al., 2006; Marshall & Murphy, 2006).

Axler & McGill (1997), na procura de exercícios abdominais que revelassem segurança na sua execução, não encontraram exercícios que respondessem, simultaneamente, ao aumento da solicitação muscular e à inexistência de risco por compressão da coluna vertebral. Relativamente ao *side support* (prancha lateral), os autores referiram-no como um exercício abdominal que tem mostrado produzir razoáveis níveis de actividade do recto abdominal, potenciando a actividade dos músculos oblíquos, minimizando a participação da coluna vertebral no movimento, recomendando-o pela relação aceitável entre solicitação/rácio de compressão.

Lehman et al. (2005) centraram o seu estudo em exercícios de prancha em decúbito, utilizando a bola suíça. Comparando o exercício em prancha ventral executado sobre a bola suíça e sobre o solo, mencionaram existir um maior incremento na activação do músculo recto abdominal ($55,9 \pm 28,8$) e dos músculos oblíquos externos ($62,5 \pm 26,3$) sobre a bola suíça. Referiram, também, existir maior activação dos oblíquos internos ($39,8 \pm 23,9$) e músculos extensores do tronco ($5,00 \pm 1,46$). Quando a prancha ventral foi executado no solo, os valores de activação foram menores: músculo

recto abdominal ($26,6 \pm 11,1$) e dos músculos oblíquos externos ($44,6 \pm 14,8$) oblíquos internos ($29,5 \pm 18,8$) e músculos extensores do tronco ($4,98 \pm 1,05$). Estes dados sugeriram que, na superfície estável, menos força foi necessária para manter a posição de extensão do tronco, durante a prancha ventral. Os autores deram como exemplo que a força de gravidade tendia a aumentar a lordose lombar, que era resistida pela actividade muscular, defendendo que aquele facto ocorreu devido ao centro de massa dos segmentos do tronco e da cabeça estar muito próximo do centro, para proporcionar a estabilização no movimento de extensão do tronco. Consequentemente, na superfície estável, menos actividade muscular deve ser solicitada para resistir a esse torque, ao contrário do exercício realizado sobre a bola suíça, em que mais actividade muscular deve ser solicitada para produzir uma estabilização do tronco e de todo o corpo, em resposta à instabilidade da superfície.

Lehman et al. (2005) consideraram, ainda, que o menor incremento dos níveis de activação dos músculos recto abdominal e oblíquos externos, na prancha ventral na superfície estável, parecem ser causados pela diminuição da estabilidade da superfície e não pela diferença da solicitação biomecânica, devido à posição do corpo em relação à força de gravidade. Quanto à prancha em decúbito dorsal os autores não detectaram qualquer variação significativa na participação dos músculos anteriores do tronco.

Stevens et al. (2006) estudaram três tipos de prancha ventral (deitado no chão, com os membros inferiores em flexão e com os pés apoiados no chão; deitado no chão, com os membros inferiores em extensão sobre a bola suíça; deitado no chão, com um membro

inferior em elevação e o outro em flexão com o pé em apoio no chão) em dois tipos de superfícies diferentes (solo e bola suíça). Verificaram que nos três exercícios, a activação do músculo recto abdominal foi significativamente mais baixa do que a activação dos músculos oblíquos. No segundo exercício executado sobre a bola suíça, o músculo recto abdominal apresentou apenas uma activação de $2,76 \pm 2,35$. Contudo, houve uma activação significativa dos músculos oblíquos externos ($10,32 \pm 7,99$), quando comparados com a activação dos oblíquos internos ($6,58 \pm 4,80$) no mesmo exercício executado sobre a superfície instável.

Behm et al. (2005) apresentaram o exercício *side bridge* (prancha lateral) como a tarefa óptima, dentro das estudadas, para solicitar a porção inferior do recto abdominal (27,9% CVM), baseada em resultados experimentais com EMG.

Schellenberg et al. (2007) no estudo sobre a avaliação da estabilização da coluna lombar durante exercícios de prancha, sugerem que a prancha em ventral provocou mudanças, preferencialmente nos músculos flexores do tronco, uma vez que a prancha dorsal recrutou em primeiro lugar os músculos extensores do tronco. Consideraram ainda, que prancha ventral recrutou preferencialmente os músculos anteriores do tronco, responsáveis pela estabilização do *core*. Contudo, estes autores não aconselharam a realização destes exercícios a sujeitos com dor ou patologia na coluna lombar.

3. Análise de estudos EMG centrados na participação muscular em exercícios abdominais baseados na mobilidade do tronco e dos membros inferiores

Alguns estudos (Cholewicki & VanVliet, 2002; Kavcic et al., 2004, citados por Moreside et al., 2007) relativos à quantificação da importância específica dos músculos do tronco focados na estabilização da coluna, têm mostrado que não há uma dominância de somente um músculo, em assegurar toda a estabilidade da coluna. Por outras palavras, nenhum músculo individualmente podia criar uma situação de instabilidade quando, artificialmente diminuía a activação. Para Stevens et al. (2006) este facto foi importante na escolha de exercícios de estabilização da coluna, que requereram uma coactivação de vários músculos do tronco, enquanto protegiam a coluna durante movimentos toleráveis. No seu estudo, a estabilidade e o movimento da coluna lombar foram determinados pela coordenação de todos os músculos que a envolvem.

McGill (2001) referiu que uma estabilidade óptima da musculatura do *core* requeria uma combinação entre o controlo motor (particularmente, do recrutamento dos músculos profundos, como o *multifidus* e o transverso do abdómen) e uma adequada capacidade de resistência dos músculos superficiais (particularmente, da activação dos músculos superficiais: recto abdominal, oblíquos e extensores do tronco).

Juker et al. (1998) realizaram um estudo onde obtiveram as amplitudes de activação muscular normalizadas de alguns músculos, entre mais de vinte exercícios, de forma a compreender os seus

papéis na mecânica da coluna dorsal. Os resultados apresentaram o *side support* (prancha lateral) e o *cross curl-up*, como exercícios que minimizam a compressão lombar e o efeito negativo da participação do músculo psoas, para além de solicitarem todos os músculos abdominais, com maior incidência dos músculos oblíquos.

Também Kudson (1999) refere que a execução correcta do exercício *curl-up* apresenta benefícios anatómicos: estabiliza a zona pélvica, proporciona que a coluna lombar esteja em contacto com o solo, permite elevar gradualmente o tronco retirando os ombros do solo e reduz ao máximo a participação dos flexores da coxa. Neste sentido, o autor refere que o *curl-up* reduz a compressão ao nível da coluna vertebral, reduzindo o stress a que esta se encontra sujeita durante a sua realização.

Beim et al. (1997), no estudo electromiográfico sobre exercícios abdominais, encontraram resultados que sugeriram que o exercício *curl-up* proporciona uma redução na compressão ao nível da coluna vertebral, reduzindo o stress/sobrecarga que esta se encontra sujeita durante a realização do exercício.

Hildenbrand & Noble (2004), referiram no seu estudo a importância da análise da activação dos músculos oblíquo externos, devido ao seu papel de estabilização na flexão do tronco e no seu recrutamento para auxiliar o músculo recto abdominal na flexão da coluna quando uma maior força era solicitada. Embora considerassem que as funções principais dos músculos oblíquos externos fossem a flexão e a rotação lateral, estes músculos só seriam recrutados quando fosse solicitada uma maior força de flexão.

Hildenbrand & Noble (2004) sugeriram que os músculos oblíquos foram solicitados mais consistentemente do que as porções, inferior e superior, do recto abdominal, em diferentes condições de execução do exercício *sit-up*. Os autores sugeriram que esta flutuação da actividade dos músculos oblíquos externos ocorreu devido aos movimentos de flexão da coluna que requereram um maior torque envolvido no recrutamento destes músculos. Estas evidências foram suportadas pelas diferenças significativas encontradas para o recrutamento destes músculos em diferentes condições do exercício abdominal.

Pesquisas anteriores (DeLuca, 1997; Norris, 1993; Warden et al, 1999) referiram que os músculos flexores da coxa impediam que os músculos da parede antero-lateral do abdómen fossem isolados de forma a serem solicitados, em exercícios abdominais tradicionais. Referiram que o músculo recto femoral e o músculo psoas-ilíaco mobilizaram a cintura pélvica, proporcionando a sua anteversão. Segundo os autores, esta inclinação podia conduzir ao aumento da curvatura na coluna lombar, que podia resultar em dor ou hiperlordose lombar.

Filhos et al. (2006) sugeriram que fortes músculos abdominais não eram sinónimo de uma estabilização da coluna lombar durante a execução de exercícios abdominais. No seu estudo sobre a actividade electromiográfica dos músculos da parede antero-lateral do abdómen, durante dois exercícios abdominais estudaram: (1) a capacidade de desempenho da cintura pélvica, através de movimentos de anteversão e retroversão da bacia (*posterior pelvic tilt* – PPT) e (2) a capacidade de estabilizar a coluna lombar durante o exercício de *curl-up* com elevação bilateral dos membros inferiores

(*double straight leg lowering* – DSLL). Recolheram sinais electromiográficos da actividade dos músculos: recto abdominal, oblíquos internos e externos e foi medido o ângulo do quadril e a pressão na coluna lombar. Nenhum dos sujeitos foi capaz de estabilizar a coluna lombar durante o segundo teste (DSLL). Durante o primeiro teste (PPT) todas as porções do abdominal analisadas, foram activadas sem diferenças significativas entre elas. Na tentativa de manter a coluna lombar estabilizada durante o segundo teste (DSLL), observaram a tendência de activação bilateral mais elevada dos músculos oblíquos externos quando comparados com os músculos recto abdominal e oblíquos internos entre os 70 e os 20 graus de flexão do quadril.

Moreside et al. (2007) referiram que embora a própria coordenação muscular fosse um factor primordial no sentido de proporcionar estabilidade à coluna, existiam outros factores adicionais que também regulavam essa estabilidade, tais como: a capacidade de um recrutamento muscular rápido ou lento, a resistência muscular e a força (capacidade de produzir força, "*force generating capacity*").

No que concerne aos exercícios que envolvem a flexão dos membros inferiores, Anderson & Nilsson (1997) referiram uma actividade intensa da musculatura abdominal, principalmente do recto abdominal, quando a bacia se encontrava em retroversão e a lordose lombar era anulada. Estes autores verificaram ainda, que nesta condição a participação da musculatura abdominal, era mais significativa, comparada com a elevação unilateral dos membros inferiores.

Nobre (2002) na análise dos músculos estudados como fixadores do tórax e da bacia, durante os exercícios abdominais com elevação unilateral e bilateral dos membros inferiores, referiu que a elevação bilateral dos membros inferiores beneficiou a activação de toda a musculatura abdominal e do recto femoral mas, provavelmente envolveu um maior *stress*/sobrecarga na coluna lombar, uma vez que o exercício implicou o trabalho com origem e inserção invertida, que favoreceu a anteversão da bacia, acentuando a lordose lombar. Refere, ainda, que o exercício *curl-up*, numa fase inicial do treino de força abdominal, parece ser o exercício mais aconselhado, pela menor compressão da coluna vertebral e pela participação dos músculos agonistas que assumem um papel principal na execução deste movimento.

Quanto à quantificação da solicitação dos diferentes músculos, nos diferentes tipos de exercícios *curl-up*, Nobre (2002) encontrou uma maior solicitação da porção superior e inferior do recto abdominal: primeiro no *curl-up*, sem fixação dos membros inferiores; em seguida, no *curl-up* com uma flexão de 115 graus dos joelhos e, por fim, no *curl-up* com os membros inferiores flectidos a 90 graus. Não encontrou valores significativamente diferentes para os músculos oblíquos externos, oblíquos internos e recto femoral, nos exercícios de *curl-up* sem fixação, com os membros inferiores flectidos a 115 e 90 graus. Contudo, verificou que a activação dos músculos oblíquos internos, foi maior no exercício *curl-up*, com membros flectidos a 115 graus, sem fixação (OID= 54,10%; OIE= 53,61%) do que no exercício *curl-up* com membros flectidos a 90 graus, sem fixação (OID= 52,66%; OIE= 51,89%). Quanto à solicitação do músculo recto femoral, houve uma maior activação no *curl-up* com membros

flectidos a 115 graus, sem fixação (RFD = 9,30%; RFE= 10,96%) do que no exercício *curl-up*, com membros flectidos a 90 graus, sem fixação (RFD = 6,51%; RFE= 6,88%). Na comparação dos dois exercícios estudados, Nobre (2002) referiu que o recto femoral teve uma maior activação no exercício *sit-up* (RF= 45,41%) do que no exercício *curl-up* (RF= 10,96%), tanto nas condições com e sem fixação dos membros inferiores.

No *curl-up* com fixação, todos os músculos da parede antero-lateral do abdómen apresentaram maior intensidade de activação. Nobre (2002) relacionou estes dados com o facto de que quando os pés estavam fixos, os abdominais beneficiaram de uma melhor fixação da sua origem na bacia, proporcionando a flexão do tronco. Este autor não encontrou diferenças significativas na activação do músculo recto femoral quando o *curl-up* era realizado com ou sem fixação, facto que justificou que os músculos flexores da coxa não participaram na flexão do tronco neste exercício, porque a fixação da inserção destes músculos não retirava a intervenção aos músculos abdominais. Foram encontradas diferenças significativas na activação dos oblíquos internos, dos dois lados, sendo maior a activação no exercício *curl-up* com membros flectidos a 115 graus, com fixação (OID= 61,31%; OIE= 61,66%) do que no exercício *curl-up* com membros flectidos a 115 graus, sem fixação (OID= 54,06%; OIE= 52,95%).

Nobre (2002), na análise dos músculos estudados como fixadores do tórax e da bacia, refere que no exercício *curl-up*, sem fixação dos membros inferiores, os valores médios de iEMG indicam que a porção superior direita do recto abdominal apresenta um valor

percentual (74,25%) de activação, significativamente maior, que a porção inferior do mesmo músculo, do mesmo lado (70,86%) na fase concêntrica. Nas condições de realização do mesmo exercício, mas com fixação (membros inferiores a 115 graus) verificou que a porção inferior do recto abdominal foi mais activada (RAD= 86,62%; RAE= 83,77%) que a porção superior do mesmo músculo (RAD= 80,79%; RAE= 82,05%). Na execução do exercício *curl-up*, com os membros flectidos a 115 graus, sem fixação, os valores médios de iEMG indicaram que a porção esquerda do recto abdominal apresentou um valor percentual (72,61%) de activação significativamente maior que o mesmo músculo estudado no exercício *sit-up*, com os membros flectidos a 115 graus, sem fixação (71,28%). Quanto ao comportamento dos músculos oblíquos internos e externos, para ambos os lados, nas condições com e sem fixação, apresentaram maior activação no exercício *sit-up*.

Em sequência ao trabalho de Nobre (2002), Correia et al. (2003) no estudo sobre a actividade electromiográfica e as diferenças de activação das porções inferior e superior do recto abdominal durante a realização de diferentes exercícios, referiram que no exercício *sit-up*, quer com quer sem fixação dos pés, existiu uma activação significativamente maior da porção inferior do músculo recto abdominal do que no exercício *curl-up*. Contudo, verificaram que em ambas as condições no exercício *curl-up* houve uma maior activação da porção superior do mesmo músculo do que no exercício *sit-up*. Considerando as diferentes condições de execução do *curl-up*, a execução com membros inferiores em extensão a 180 graus e sem fixação (RAS= 83%, RAI= 80%) e com os membros inferiores a 115

graus e com fixação (RAS= 85%, RAI=78%) foram os exercícios com maior activação do recto abdominal.

CAPITULO III – METODOLOGIA

1. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Considerámos como variáveis independentes:

- (1) a fase do exercício (primeiros cinco segundos e cinco segundos finais);
- (2) o tipo de superfície (superfície estável e superfície instável).

Considerámos como variáveis dependentes:

- (1) a intensidade EMG durante um período de cinco segundos para cada músculo;
- (2) a resultante de força no *Footscan*, em relação a cada um dos apoios.

2. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por trinta e cinco sujeitos voluntários do sexo masculino, estudantes da licenciatura em Ciências do Desporto, da Faculdade de Motricidade Humana. Todos eram sujeitos activos, saudáveis, sem história de problemas na coluna, sem problemas cardíacos, sem antecedentes de cirurgia abdominal e lombar prévia, ou patologias abdominais e lombares ou outro tipo de contra-indicações para o exercício, com idades compreendidas entre os 18 e os 30 anos, correspondendo a uma média de $20,86 \pm 2,53$ anos; a uma média da estatura total de $175,30 \pm 3,65$ cm e a uma média de peso de $72,4 \pm 6,19$ Kg (tabela 1).

Tabela 1. Dados descritivos dos sujeitos que constituíram a amostra.

<i>n</i>	Idade	Altura	Peso
=	[18-30] anos	[170-185] cm	[61,3-82] kg
35	$x = 20,86 \pm 2,53$ anos	$x = 175,30 \pm 3,65$ cm	$x = 72,4 \pm 6,19$ Kg

A escolha da amostra incidiu: (1) no morfotipo dos sujeitos, para que a relação massa gorda e massa magra fosse óptima e não alterasse o sinal recebido pela electromiografia de superfície; (2) no intervalo de altura (170-188 cm); (3) na medição da estatura total (4) no peso dos sujeitos (até aos 85 kg).

3. DESCRIÇÃO DA TAREFA MOTORA

O exercício de prancha ventral foi realizado em situação de contração isométrica por um período de 20 segundos. O exercício foi escolhido através do guia *American Council on Exercise* (Bonelli, 2002).

O exercício foi realizado em duas condições diferentes (figura 1):

(1) sobre a caixa de madeira, em decúbito ventral, antebraços apoiados sobre a superfície estável (ângulos do braço/antebraço e ombro a 90°), membros inferiores em extensão, terço anterior do pé apoiado no solo (ângulo perna/pé a 90°), procurando manter durante o tempo pedido o tronco alinhado através de uma contração isométrica da musculatura abdominal;

(2) sobre a bola suíça, em decúbito ventral, antebraços apoiados sobre a superfície estável (ângulos do braço/antebraço e ombro a 90°), membros inferiores em extensão, terço anterior do pé apoiado no solo (ângulo perna/pé a 90°), procurando manter durante o tempo pedido o tronco alinhado através de uma contração isométrica da musculatura abdominal.

Entre cada exercício foi respeitado um intervalo de três minutos, para evitarmos a influência da fadiga no exercício seguinte.

Todos os sujeitos da amostra realizaram, numa sessão única, a prancha ventral (nas duas condições de realização). A ordem de execução das tarefas foi aleatória.



Figura 1. Prancha ventral, sobre superfície estável e instável

Para a realização do exercício na superfície instável utilizámos uma bola suíça de 65 cm de diâmetro adequada para sujeitos com mais de 1,70 m de estatura (Bonelli, 2002). É caracterizada por um revestimento de plástico elástico resistente e com uma capacidade de peso de 400kg. A bola foi enchida com uma bomba manual, com duas entradas. Uma, de saída de ar quando a bola está no limite máximo de ar e outra para a entrada de ar. Para garantirmos igual diâmetro da bola cheia em todos os sujeitos, antes da execução dos exercícios verificámos a distância de quatro centímetros entre cada circunferência marcada na bola. Em consequência, garantíamos que os sujeitos na posição sentada efectuassem um ângulo de noventa graus, coxa/perna (Bonelli, 2002), e que a pressão da bola fosse igual para todos os sujeitos da amostra, antes de executarem cada exercício.

Foi construída uma caixa de madeira (Comprimento x Largura x Altura: 60 cm x 40 cm x 40 cm), a partir das dimensões da altura e do diâmetro da bola, de forma a obtermos uma superfície estável que permitisse replicar a posição corporal verificada quando a prancha ventral era realizada com apoio na bola suíça. Para obtermos a altura

da bola, colocámos o sujeito com o maior peso da amostra, na posição sentada, formando um ângulo coxa/perna de noventa graus. Foi colocada uma régua por baixo do sujeito, paralela ao solo. A medição da altura da bola com deformação foi obtida a partir da perpendicular formada entre a régua e a fita métrica. Foram construídas placas de madeira de um centímetro para colocar sobre a caixa de madeira, ajustando através deste método a deformação na bola criada por cada um dos sujeitos, à execução dos exercícios realizados na superfície estável.

Para a construção das marcas utilizadas na captação de imagem, usámos quatro tampões de ouvidos, pintados com uma tinta de *grafitti* fluorescente e colámos porções pequenas de adesivo por baixo de cada tampão, para facilitar a aderência.

4. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NA RECOLHA DE DADOS

A recolha de dados, no laboratório de anatomofisiologia, foi realizada pela investigadora, após preparação prévia, sob a orientação e coordenação do professor orientador da tese de mestrado.

Durante duas semanas realizou-se uma preparação da investigadora dentro do laboratório de anatomofisiologia experimentando os exercícios, manuseando os instrumentos e equipamentos. Também foram realizados dois pré-testes, por forma a existir uma familiarização com os instrumentos de recolha dos dados, a noção do cálculo do tempo dispendido para a montagem do material e recolha

dos dados, a detecção e despistagem de eventuais problemas e existirem rotinas na execução dos exercícios antes do dia da recolha efectiva dos dados.

Houve um primeiro contacto com os sujeitos da amostra para agendar a primeira reunião. Foi pedido aos sujeitos que se apresentassem nessa reunião com três horas de jejum de sólidos e uma hora de jejum de líquidos, para se cumprir o protocolo idêntico ao que teriam que cumprir nas recolhas no DXA, devido à medição da estatura total e do peso dos sujeitos.

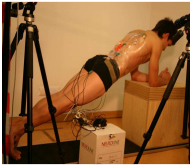

Realizámos a primeira reunião com os sujeitos da amostra onde foi feita a apresentação da investigadora e dos objectivos da investigação. Foram explicados os procedimentos da recolha no laboratório de anatomofisiologia e o protocolo dos exames do DXA. Neste primeiro encontro os sujeitos: leram e assinaram o termo de responsabilidade; experimentaram a execução dos exercícios durante vinte segundos, nas duas condições de realização; fizeram a medição do peso e da estatura total; e foram agendadas as recolhas individuais no laboratório de anatomofisiologia e no DXA.

Após esta informação o estudo avançou com o consentimento relativo à participação dos sujeitos neste estudo.

No laboratório, todos os sujeitos da amostra apresentaram-se com um vestuário confortável, calção de licra justo, de forma a facilitar a colocação dos eléctrodos e marcas nas vértebras lombares.

No final do estudo, marcámos uma reunião com os sujeitos da amostra para proceder à entrega dos certificados de participação no estudo e os relatórios individuais dos exames realizados no DXA.

Tabela 2. Quadro resumo do desenho experimental.

			Músculos Estudados	Variáveis	Áreas de Estudo
SUPERFÍCIE ESTÁVEL	CAIXA MADEIRA		RAPS	<u>Independentes:</u> Tipo de Superfície Fase do Tempo	<u>Análise EMG</u>
		RAPI			
SUPERFÍCIE INSTÁVEL L	BOLA SUIÇA		LE	<u>Dependentes:</u> Intensidade EMG Resultante da Força	<u>Análise cinética</u>
		MD			
		GDD			

4.1. RECOLHA DOS SINAIS ELECTROMIOGRÁFICOS

Foi recolhida EMG de superfície dos seguintes músculos: recto abdominal, grande dorsal, *multifidus*, *longissimus dorsi*. Para a recolha dos sinais EMG utilizámos eléctrodos activos fixos na pele através de superfícies de detecção (*Ambu, blue Sensor, 22x30 mm*) que foram colocados com uma distância entre si de 20 mm. Os eléctrodos continham no interior da própria estrutura de suporte um pré-amplificador diferencial, que subtraía e amplificou o sinal logo à saída da pele e estavam ligados a um transmissor de 16 canais (*Input Box EMG, Biovision*). As saídas analógicas desse transmissor foram ligadas a uma placa A/D de recolha e sincronização de dados *Data Translation BNC USB 9800 Séries®*, com 16 canais, onde se encontravam também ligados um canal para receber o sinal da sincronização (*Trigger*) e outro para receber os sinais de força da plataforma *Footscan* (tabela 3 e tabela 4).

A recolha e sincronização dos dados EMG, cinemáticos e de força foram realizadas com o programa *SIMI®* (Simi Reality Motion Systems GmbH, Germany).

Tabela 3. Quadro resumo das entradas na *Input Box, Biovision*, dos sinais EMG – primeira definição.

Canal 0	<i>Trigger</i>	Canal 9	<i>Longissimus</i> , lado Esquerdo (LE)
Canal 1	Força	Canal 10	<i>Multifidus</i> , lado direito (MD)
Canal 2	Recto abdominal, porção Superior (RAPS) + Eléctrodo Terra (Esterno)	Canal 12	Grande Dorsal, lado direito (GDD)
Canal 3	Recto abdominal, porção Inferior (RAPI)		

Tabela 4. Quadro resumo das entradas na *Input Box, Biovision*, dos sinais EMG – segunda definição.

Canal 0	<i>Trigger</i>	Canal 9	<i>Longissimus</i> , lado Esquerdo (LE)
Canal 1	Força	Canal 10	<i>Multifidus</i> , lado direito (MD)
Canal 2	Recto abdominal, porção Superior (RAPS) + Eléctrodo Terra (Apófise Mastóide)	Canal 15	Grande Dorsal, lado direito (GDD)
Canal 3	Recto abdominal, porção Inferior (RAPI)		

A preparação dos sujeitos consistiu na limpeza e preparação da pele – depilámos a área do músculo onde se colocaram os eléctrodos; removemos a superfície morta da pele por abrasão com uma lixa apropriada; limpámos com álcool etílico a 96% v/v; deixámos um intervalo de tempo de 5 minutos entre a colocação dos eléctrodos e o início da recolha.

Para a colocação das superfícies de detecção no músculo, procurámos a porção média ou mais saliente do ventre muscular, através de uma contracção isométrica. Quanto à orientação dos eléctrodos, adoptámos a colocação dos mesmos no plano longitudinal às fibras musculares, tendo em conta que a linha que une as duas superfícies de detecção deve ser paralela à orientação das fibras musculares e assumindo que a orientação das fibras é linear e que estas são paralelas umas às outras. Os pares de eléctrodos foram colocados com uma distância entre si de 20 mm, nos músculos estudados: na porção superior do recto abdominal, aproximadamente 3 cm ao lado e 5 cm acima do umbigo, com uma orientação vertical; na porção inferior do recto abdominal, aproximadamente 3 cm ao lado e 5 cm abaixo do umbigo, com uma orientação vertical; no músculo lombar *longissimus dorsi*, 3 cm ao lado da apófise espinhosa da L1 com orientação vertical; no músculo *multifidus*, 3 cm ao lado da apófise espinhosa de L5 (um pouco abaixo da linha da crista íliaca) com orientação vertical; no músculo grande dorsal, 15 cm ao lado da apófise espinhosa de D9 com orientação oblíqua segundo a linha que vai da origem à inserção do músculo. O eléctrodo terra foi colocado na parte anterior do tórax, especificamente, no corpo do osso esterno. Uma película super aderente foi colocada sobre os eléctrodos para facilitar a aderência dos eléctrodos de superfície à pele.

Com a finalidade de normalizarmos os sinais EMG, todos os sujeitos da amostra realizaram duas contrações isométricas voluntárias máximas (CVM) para cada um dos músculos monitorizados. Cada CVM durou cerca de três segundos. Entre cada CVM os sujeitos repousaram um minuto para evitar a influência da fadiga. Foi determinado o valor médio da raiz quadrada média do sinal (RMS) dos dois picos de CVM como valor EMG máximo desse músculo e desse sujeito.

CVM para o músculo recto abdominal: Os sujeitos encontravam-se deitados numa marquesa, numa posição de decúbito dorsal com os joelhos flectidos a 90° e pés fixos à marquesa. O tronco foi fixo nos ombros por um ajudante de forma a impedir o movimento, garantindo uma acção isométrica dos músculos abdominais. Foi colocado um cinto na parte anterior da cintura do sujeito e fixo na marquesa, a isolar a participação da cintura pélvica no movimento. Dessa forma, os sujeitos realizaram uma tentativa de flexão do tronco contra a resistência.

CVM para os músculos *longissimus dorsi* e *multifidus*: Os sujeitos encontravam-se deitados numa marquesa, numa posição de decúbito ventral com os membros inferiores em extensão e bacia fixa à marquesa por um cinto. Com um ajudante a impedir o movimento ao nível dos ombros, procuraram fazer extensão do tronco contra a resistência.

CVM para o músculo grande dorsal: Na posição de pé, com o braço a 45 graus de abdução no plano frontal, os sujeitos realizaram uma aducção contra uma resistência oferecida ao nível do braço.

De forma a criar uma motivação adicional, durante a realização das CVM, foi fornecido um incentivo verbal.

Os procedimentos utilizados na recolha dos dados electromiográficos foram descritos previamente na literatura (Pezarat-Correia & Mil-Homens, 2004; Konrad, 2005; Hermens & Freriks, 2006) – tabela 5.

Tabela 5. Quadro resumo dos procedimentos utilizados para a colocação dos pares de eléctrodos de superfície e determinação da CVM nos diferentes músculos (baseado em Hermens & Freriks, 2006, in *Seniam Project*).

Músculos	Porções	Locais de colocação dos eléctrodos	Contração voluntária máxima
Recto Abdominal	Superior	3 cm ao lado e 5 cm a cima do umbigo com uma orientação vertical.	Os sujeitos encontravam-se deitados numa marquesa, numa posição de decúbito dorsal com os joelhos flectidos a 90° e pés fixos à marquesa. O tronco foi fixo nos ombros por um ajudante de forma a impedir o movimento, garantindo uma acção isométrica dos músculos abdominais. Dessa forma, os sujeitos realizaram uma tentativa de flexão do tronco. Cada contração isométrica durou cerca de 3 segundos. Foram realizadas três tentativas.
	Inferior	3 cm ao lado e 5 cm a baixo do umbigo com uma orientação vertical.	
Extensores do Tronco	Região Lombar – <i>Longissimus Dorsi</i>	3 cm ao lado da apófise espinhosa da L1 com orientação vertical.	Os sujeitos encontravam-se deitados numa marquesa, numa posição de decúbito ventral com os membros inferiores em extensão e bacia fixa à marquesa. Com um ajudante a impedir movimento ao nível dos ombros, procuraram fazer extensão do tronco contra a resistência, com a duração de 3 segundos. Foram realizadas três repetições.
	Região Lombar – <i>Multifidus</i>	3 cm ao lado da apófise espinhosa de L5 (um pouco abaixo da linha da crista ilíaca) com orientação vertical.	
Grande Dorsal		15 cm ao lado da apófise espinhosa de D9 com orientação oblíqua segundo a linha q vai da origem à inserção do músculo.	Na posição de pé, com o braço a 45 graus de abdução no plano frontal, os sujeitos realizaram uma aducção contra uma resistência oferecida ao nível do braço, com a duração de três segundos. Foram realizadas três repetições.

4.2. RECOLHA DOS DADOS DE FORÇA

Em cada condição de realização do exercício abdominal em prancha ventral foram determinadas as forças externas exercidas sobre os sujeitos através do uso de uma plataforma de força *Footscan Balance*[®] (*RSscan International, Belgium*), figura 2, que mediu a componente vertical da força exercida em cada um dos apoios. As forças externas estavam distribuídas pela força de reacção do solo sobre os pés e sobre a bola. Através da plataforma determinámos a força reactiva no apoio (pés e tronco), que foi computada através da razão dos momentos sobre a força vertical (uma das componentes da força reactiva no apoio).



Figura 2. Plataforma de força (*Balance Footscan*[®]).

Na plataforma de força (Comprimento x Largura x Altura: 2096 mm x 472 mm x 18 mm), encontravam-se instalados 16384 sensores de força, organizados em forma de matriz com 256 x 64 linhas.

O cabo da plataforma de força estava ligado à *Footscan® Interface Box, 3D Second Generation*, que recebeu os dados da força a 500 Hz (8 bits de resolução). Daqui foram convertidos os sinais analógicos numa sequência numérica em que cada valor representa a sua variação em amplitude num determinado instante (conversão Analógico-Digital). O conversor utilizado foi o *Data Translation BNC USB 9800 Séries®*, com 16 canais.

A aquisição de dados foi feita a 500 Hz e foram recebidos pelo PC, através do software *Footscan Balance® versão 7.0 Second Generation*.

Estes dados foram armazenados e inseridos nas rotinas específicas de *Matlab® versão 2007*, (*The MathWorks, Inc, Natick MA, USA*), sendo depois trabalhados no software *Microsoft Excel® versão 2003* e, posteriormente, enviados para o programa *SPSS® versão 15.0* para o seu tratamento estatístico.

Antes de cada dia de recolha foi calibrada a plataforma com o auxílio de dois pesos, de 20 Kg e 5 Kg, colocados sobre o centro de duas marcas (cruz) que se encontravam em cada extremidade da plataforma.

Controlámos a deformação da bola, para cada sujeito, no sentido de replicar na superfície estável, com o menor erro possível, a execução dos exercícios sobre a superfície instável.

4.3. RECOLHA DOS DADOS CINEMÁTICOS

Foram utilizadas duas câmaras digitais (*Manfrotto 141 RC[®], Italy*) que estavam apoiadas em tripés a uma altura de 95 centímetros do solo, formando entre elas um ângulo de 60 graus. Uma câmara estava colocada a 60 centímetros do sujeito, focando o plano longitudinal do mesmo. A outra câmara estava colocada a uma distância de 74 centímetros e focava o plano transversal, salientando a coluna lombar de cada sujeito (figura 3).

A aquisição de imagem esteve sincronizada com o sistema de electromiografia, através do software *SIMI* e estes com a plataforma de força, através do software *Footscan Balance[®] versão 7.0 Second Generation*. O ritmo de amostragem da imagem foi de 100 Hz. As imagens foram gravadas directamente no programa *SIMI[®]*, sendo digitalizadas e reconstruídas tridimensionalmente, possibilitando a análise cinemática.

Previamente à execução de cada exercício, utilizámos uma estrutura de calibração (tábua da caixa de madeira, onde eram visíveis os 4 pontos do rectângulo) para calibrar as câmaras digitais e o espaço onde as execuções foram realizadas.

Foram colocadas quatro marcas entre cada uma das vértebras lombares, em cada sujeito.



Figura 3. Posição das duas câmaras digitais: câmara digital 1, captação longitudinal da imagem; câmara digital 2, captação transversal da imagem, com incidência sobre a zona lombar do sujeito.

Estes dados foram armazenados no software *Footscan Balance*[®] versão 7.0 Second Generation. Refira-se que apesar de recolhidos, perspectivando-se a sua posterior utilização, estes dados não foram tratados e analisados na presente dissertação dado não estarem incluídos nos objectivos definidos, por motivo de exceder o possível, em termos temporais.

4.4. COMPOSIÇÃO CORPORAL

4.4.1. MEDIÇÃO DA ESTATURA E PESO

O peso e a altura de cada sujeito foram determinados ao mesmo tempo, através de uma balança electrónica (*SECA, modelo 770, Hamburg, Germany*), auto-regulável, com um erro aceitável de 0,1 Kg e 0,1 cm, respectivamente.

Segundo os procedimentos metodológicos descritos por Fragoso & Vieira (2005), foi medida a distância do vértex (ponto superior da cabeça) ao solo, com todos os sujeitos descalços, na posição antropométrica sobre uma superfície lisa perpendicular ao antropómetro. Pedimos aos sujeitos que distribuíssem o peso sobre os dois pés e tivessem a cabeça orientada segundo o plano de Frankfurt ou horizontal. A investigadora auxiliou cada sujeito a adoptar uma posição erecta, fazendo uma ligeira pressão lombar com a mão direita e apoiando a mão esquerda na região do esterno. Pedimos ao sujeito que fizesse uma inspiração profunda durante o momento da mensuração. A medida foi arredondada até ao milímetro (0,1 cm).

4.4.2. DXA

Na véspera à realização destes exames, os sujeitos foram lembrados do protocolo a cumprir no dia da recolha: três horas de jejum de sólidos e uma hora de jejum de líquidos antes das avaliações.

Foram realizados dois testes de densitometria óssea, através de densitometria computadorizada por absorvometria radiológica de dupla energia (DXA). O aparelho utilizado *Hologic-QDR 4500 (fan Beam X-Ray Bone Densitometer -Waltham, MA 02154-USA)* que utiliza raios de baixa intensidade para avaliar a absorção dos tecidos e quantificar cada componente corporal. Trata-se de um procedimento de imagem digital que permite a quantificação da gordura e do músculo, assim como do conteúdo mineral ósseo e das estruturas ósseas mais profundas do corpo. Optámos por realizar este exame para obtermos uma imagem digital de todo o corpo de cada sujeito e uma imagem digital da coluna lombar. Os dados referentes à distância entre as vértebras da coluna lombar dos sujeitos, bem como a densidade de cada vértebra lombar visavam a criação de um modelo biomecânico.

Em cada dia de recolha, previamente à execução de cada um dos exames, tivemos que proceder à calibração diária do aparelho, “*Daily QC*”. Utilizámos uma estrutura de calibração (caixa de vidro com uma coluna lombar que continha na extremidade mais próxima da L1, uma pequena estrutura preta com uma bola branca, onde centrámos o laser) para calibrar o espaço (mesa) onde as avaliações foram realizadas.

Por dificuldades de marcação do aparelho, a nossa recolha demorou duas semanas. Neste sentido, de 7 em 7 dias, foi necessário proceder à calibração semanal do aparelho, “*Body Composition Step Phenton Calibration*”, utilizando uma estrutura de calibração em escada, em que o degrau mais pequeno ficou virado para o centro da mesa. Colocámos dois ou três dedos, distantes desse degrau, e centrámos o laser.

Para a avaliação de corpo inteiro, aplicámos o protocolo de recolha do DXA para “*Whole Body*” em que o sujeito se encontrava deitado em decúbito dorsal numa marquesa, com os membros superiores em extensão apoiados ao lado e paralelamente ao tronco, com as palmas das mãos colocadas lateralmente viradas para o tronco e apoiadas sobre o quinto dedo. Os membros inferiores encontravam-se em extensão, paralelos um outro. A realização do exame teve uma duração de seis minutos e cinquenta e nove segundos para cada sujeito.

Para a avaliação da coluna lombar, aplicámos o protocolo de recolha do DXA para a “*Lumbar Spine*” em que o sujeito se encontrava deitado em decúbito dorsal numa marquesa, com os membros superiores cruzados sobre o peito, com as palmas das mãos viradas para baixo. Os membros inferiores encontravam-se apoiados sobre uma almofada (ângulo coxa/perna a 110°). Foi realizada uma digitalização às 5 vértebras lombares. A realização do exame teve uma duração de três minutos e doze segundos para cada sujeito.

A aquisição de dados foi feita para o PC, através do *Hologic Software for Windows XP® version 12.4*.

Estes dados foram armazenados no software *Microsoft Excel® versão 2003* e, devido a questões temporais para uma tese de mestrado, não foi possível trabalhá-los no programa *SPSS® versão 15.0* para o seu tratamento estatístico.

5. PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE DADOS

5.1. TRATAMENTO DOS SINAIS ELECTROMIOGRÁFICOS

Para o processamento dos dados EMG utilizámos inicialmente o *software AcqKnowledge*[®] 3.8.1 para avaliar a qualidade dos sinais e detectar eventuais problemas nos sinais EMG recolhidos.

Para os seguintes passos de tratamento dos sinais, e que em seguida se descrevem, utilizámos rotinas de tratamento específicas desenvolvidas em *Matlab*[®] versão 7.0 (*The MathWorks, Inc, Natick MA, USA*).

Em primeiro lugar, os sinais EMG foram sujeitos a rotinas de tratamento que permitiram remover os sinais ECG detectados, foram sujeitos a filtragem digital (495 Hz e 10 Hz), rectificados e suavizados através de um filtro passa baixo com uma frequência de corte de 3 Hz, ordem 2 (Winter, 2005).

Em seguida, a rotina de *Matlab*[®] calculou nos ficheiros de CVM o máximo valor de EMG de cada um dos cinco músculos estudados. Esse valor foi obtido, seleccionando o pico máximo de contracção, escolhendo uma janela de 25 milisegundos à direita e à esquerda desse pico, e calculando o RMS do sinal EMG durante esse período de tempo. Assim, o máximo valor assim determinado para cada músculo foi utilizado como referência máxima (100%) para normalizar os valores de EMG obtidos na realização do exercício abdominal, em prancha ventral.

Depois de rectificadados, suavizados e normalizados, dos sinais EMG de cada ciclo de vinte segundos em contracção isométrica de cada exercício de prancha, foram analisados e tratados, o segundo período de cinco segundos e o último período de cinco segundos, de cada contracção. Os cinco segundos iniciais foram eliminados dado ser um período necessário à estabilização completa do sujeito na posição pretendida. Assim, foi determinado o RMS de cada um desses dois períodos de cinco segundos.

Estes dados foram armazenados e trabalhados no software *Microsoft Excel*[®] versão 2003, e posteriormente enviados para o programa *SPSS*[®] versão 15.0 para o seu tratamento estatístico.

5.2. TRATAMENTO DOS DADOS DE FORÇA

A aquisição de dados de força foi feita a 500 Hz e foram recebidos pelo PC, através do software *Footscan Balance® versão 7.0 Second Generation*. Os valores da força exercida foram apresentados por áreas (topo superior e topo inferior, lados direito e esquerdo). Em cada quadrado de pressão foram encontrados os valores que representaram essas áreas. Foram estes dados que foram utilizados para o apoio frontal e para o apoio traseiro, nos primeiros cinco segundos e cinco segundos finais, da execução do exercício.

Estes dados foram armazenados e inseridos nas rotinas específicas de *Matlab® versão 2007*, (*The MathWorks, Inc, Natick MA, USA*), sendo depois trabalhados no software *Microsoft Excel® versão 2003* e, posteriormente, enviados para o programa *SPSS® versão 15.0* para o seu tratamento estatístico.

6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Fizemos a análise exploratória dos dados, em que utilizámos dois tipos de análise estatística: a descritiva e a analítica.

A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar a amostra, e para determinar a média e o desvio padrão do valor do *RMS* EMG e resultante de força, para o apoio frontal e para o apoio traseiro, em cada período de cinco segundos.

Para os restantes dados recolhidos, a estatística descritiva foi efectuada para cada uma das variáveis dependentes de forma a analisar a normalidade dos dados, e, também, para testar as condições para análise da variância.

Fizemos a distribuição das variáveis em 2 (superfície) x 2 (tempo) e procedemos à análise de variância repetida (ANOVA). *Tukey post-hoc HSD* foram utilizados para especificar onde se encontraram as diferenças significativas, quer para as variáveis de superfície e de tempo quer para possíveis interacções entre as variáveis.

Para testar os níveis de significância dos valores relativos às diferentes técnicas, utilizámos o valor de $p < .05$.

O tratamento estatístico foi realizado no programa *SPSS versão 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA)*.

CAPITULO IV – RESULTADOS

7. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, segundo os objectivos inicialmente propostos, vamos apresentar os resultados obtidos da actividade electromiográfica e os resultados de força.

7.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS EMG

Os valores médios referentes à actividade electromiográfica normalizada dos cinco músculos estudados na superfície estável (caixa de madeira) e na superfície instável (bola suíça), nos dois períodos de tempo que foram estudados, encontram-se representados na tabela 6. A normalização foi feita para o EMG da contracção voluntária máxima.

Tabela 6. Valores médios e desvio padrão da percentagem da CVM do EMG, de cinco músculos, durante os primeiros e os cinco segundos finais do exercício isométrico em prancha ventral, sobre a caixa de madeira e sobre a bola suíça.

	VC		VB	
	t1	t2	t1	t2
RAPS (n=26)	20,58 ± 15,01	17,11 ± 15,34	23,32 ± 14,65	29,41 ± 23,34
RAPI (n=24)	19,29 ± 14,83	20,65 ± 18,52	19,69 ± 9,27	26,79 ± 14,09
LE (n=25)	22,45 ± 15,76	18,42 ± 16,35	23,63 ± 15,55	29,82 ± 22,14
MD (n=25)	19,60 ± 14,47	22,90 ± 19,76	18,81 ± 10,51	27,46 ± 15,51
GDD (n=30)	2,44 ± 1,11	3,19 ± 2,60	3,33 ± 2,61	3,65 ± 2,84

Os resultados da comparação realizada para os valores EMG entre os dois tipos de superfície estão representados na tabela 7.

Verificámos diferenças significativas ($p < .05$) relativamente ao tipo de superfície onde o exercício foi efectuado (estável vs. instável) em dois dos músculos estudados. Especificamente, tiveram um aumento significativo na activação muscular quando o exercício em prancha ventral foi realizado sobre a bola suíça, os músculos: recto abdominal, porção superior ($p < .05$) e o *longissimus dorsi* ($p < .05$).

Não se registaram diferenças significativas na activação dos músculos: recto abdominal, porção inferior; *multifidus*; e grande dorsal, entre os dois tipos de superfície. No entanto, todos os músculos estudados apresentaram um aumento dos valores médios de intensidade EMG na prancha ventral realizada sobre a bola suíça.

Tabela 7. Comparação dos valores da actividade EMG entre os dois tipos de superfície – superfície estável e bola suíça.

	VC	VB	<i>p value</i>
RAPS	18,85 ± 2,77	26,37 ± 2,99	.013*
RAPI	19,98 ± 2,75	23,25 ± 2,18	.225
LE	20,44 ± 2,96	26,73 ± 3,09	.037*
MD	21,25 ± 2,73	23,14 ± 2,24	.428
GDD	2,82 ± 0,28	3,49 ± 0,38	.107

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$).

Os resultados da comparação realizada para os valores EMG entre os dois tempos estudados (primeiros e últimos cinco segundos da duração total do exercício) estão representados na tabela 8.

Quanto à variável independente “tempo” (de execução do exercício), existiram diferenças significativas entre os primeiros cinco segundos e os cinco segundos finais para o músculo *multifidus* ($p < .05$) que mostrou um aumento do valor médio de activação nos últimos cinco segundos.

Tabela 8. Comparação da actividade EMG entre os dois períodos de tempo - durante os primeiros cinco segundos e os cinco segundos finais de execução do exercício isométrico em prancha ventral.

	t1	t2	p value
RAPS	21,95 ± 2,75	23,26 ± 3,13	.671
RAPI	19,50 ± 2,17	27,73 ± 2,52	.055
LE	23,04 ± 2,94	24,12 ± 3,20	.725
MD	19,21 ± 2,22	25,18 ± 2,93	.039*
GDD	2,89 ± 0,30	3,42 ± 0,39	.227

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$).

Na tabela 9 estão representados os valores de interacção entre o tipo de superfície e o tempo. Verificámos uma interacção significativa entre o tipo de superfície e o tempo para os seguintes músculos: recto abdominal, porção superior ($p < .05$), *longissimus dorsi*, ($p < .05$), e grande dorsal ($p < .05$), ou seja, houve uma influência do tipo de superfície na activação muscular destes músculos.

Em relação ao músculo *longissimus dorsi*, verificámos que existe uma interacção significativa ($p < .05$) na activação deste músculo quando comparadas as duas superfícies nos cinco segundos finais. Mais especificamente, verificámos que nesse período de tempo a média de activação do músculo era mais intensa na prancha executada sobre a bola (29,82 ± 4,43), comparada com a activação deste músculo,

durante a execução do exercício sobre a superfície estável ($18,43 \pm 3,27$).

Embora o músculo grande dorsal, tenha apresentado um valor de percentual de activação muito baixo em relação aos restantes músculos, verificámos que existem valores significativos ($p < .05$) de activação deste músculo, na interacção entre as duas superfícies e o tempo de execução.

Tabela 9. Interacção da actividade EMG entre cada tipo de superfície, durante os primeiros cinco segundos e os cinco segundos finais de execução do exercício isométrico em prancha ventral.

	VCt1	VCt2	VBt1	VBt2	<i>p value</i>
RAPS	20,58 ± 15,01	17,11 ± 15,34	23,32 ± 14,65	29,41 ± 23,34	.033*
RAPI	19,29 ± 14,83	20,65 ± 18,52	19,69 ± 9,27	26,79 ± 14,09	.265
LE	22,45 ± 15,76	18,42 ± 16,35	23,63 ± 15,55	29,82 ± 22,14	.019*
MD	19,60 ± 14,47	22,90 ± 19,76	18,81 ± 10,51	27,46 ± 15,51	.272
GDD	2,44 ± 1,11	3,19 ± 2,60	3,33 ± 2,61	3,65 ± 2,84	.013*

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$).

Após a aplicação do teste estatístico *Paired Samples T-test*, comparámos o tipo de superfície e a execução do exercício nos primeiros cinco segundos e comparámos o tipo de superfície e a execução do exercício nos cinco segundos finais.

O músculo grande dorsal apresentou uma maior activação muscular na superfície instável do que na superfície estável, durante os primeiros cinco segundos.

Não foram encontradas diferenças significativas na activação dos seguintes músculos: recto abdominal, porção superior; recto abdominal, porção inferior; *longissimus dorsi* e *multifidus* ($p > .05$).

Em relação ao tipo de superfície e a execução do exercício nos cinco segundos finais verificámos que existem diferenças significativas na activação dos seguintes músculos: recto abdominal, porção superior ($p < .05$); *longissimus dorsi*, porção do lado esquerdo ($p < .05$). Neste período de tempo, existiu uma maior activação muscular, na realização do exercício sobre a bola suíça, dos seguintes músculos: recto abdominal, porção superior (18,1%) e *longissimus dorsi*, porção do lado esquerdo (31,7%).

Durante os cinco segundos finais da execução da prancha ventral, não foram encontradas diferenças significativas para os seguintes músculos: recto abdominal porção inferior; *multifidus*, lado direito; grande dorsal, lado direito ($p > .05$).

7.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE FORÇA:

Os resultados de força são apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) sobre os dois apoios, durante os primeiros e os cinco segundos finais do exercício isométrico em prancha ventral, sobre a bola suíça e sobre a caixa de madeira.

	VC		VB	
	Apoio Frontal	Apoio Traseiro	Apoio Frontal	Apoio Traseiro
T1	264,9 ± 78,7*	269,3 ± 83,2	850,6 ± 174,9*	639,0 ± 105,2
T2	279,4 ± 71,4*	275,1 ± 84,0	861,6 ± 173,6*	643,1 ± 100,2

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$).

Considerando o apoio frontal, como a força exercida dos membros superiores sobre cada tipo de superfície, e o apoio traseiro como a força exercida dos pés na plataforma de força, verificámos diferenças significativas relativamente ao tipo de superfície onde o exercício foi efectuado (estável vs. instável), para o apoio frontal ($p < .001$) e para o apoio traseiro ($p < .001$).

Verificámos diferenças significativas entre os dois períodos de tempo, caracterizada por um aumento significativo na força exercida sobre a bola suíça (apoio frontal, $p < .001$), durante os primeiros cinco segundos (850,6 N) e os cinco segundos finais (861,6 N) de execução da prancha ventral.

Na superfície estável, também verificámos diferenças significativas entre os dois períodos de tempo de execução para a força exercida

sobre a caixa nos primeiros cinco segundos (264,9 N) e nos cinco segundos finais (279,4 N) de execução do exercício.

No entanto, não verificámos diferenças significativas da força exercida sobre o apoio traseiro, em ambas as superfícies, nos cinco segundos iniciais ($VC= 269,3 \pm 83,2$ e $VB= 639,0 \pm 105,2$) e nos cinco segundos finais ($VC= 275,1 \pm 84,0$ e $VB= 643,1 \pm 100,2$) do exercício (tabela 10).

A tabela 11 mostra os resultados da comparação dos valores da resultante da força entre superfícies e entre períodos de tempo para o apoio frontal.

Tabela 11. Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) sobre o apoio frontal, variáveis independentes que tiveram valor significativo durante o exercício isométrico em prancha ventral.

APOIO FRONTAL

Tipo de Superfície			Tempo		
Caixa	Bola Suíça	<i>p</i>	Tempo 1	Tempo 2	<i>p</i>
272,1 ± 12,7	856,1 ± 30,1 <i>p</i> =.000**	<i>p</i> <.001*	557,8 ± 18,0	570,5 ± 17,4 <i>p</i> =.010**	<i>p</i> <.05*

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$):

** , valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .001$).

Durante o apoio frontal, existem diferenças significativas da força exercida, entre os dois tipos de superfície ($p < .001$). Sendo que, a força exercida sobre a bola suíça ($856,1 \pm 30,1$) foi significativamente maior ($p = .001$) do que força exercida sobre a superfície estável ($272,1 \pm 12,7$).

Quanto ao tempo de execução do exercício, verificámos que no apoio frontal, existem diferenças significativas entre os dois períodos de tempo ($p < .05$), sendo que a força realizada nos últimos cinco segundos ($570,5 \pm 17,4$) foi significativamente maior ($p = .010$) do que durante os primeiros cinco segundos ($557,8 \pm 18,0$) da realização do exercício (tabela 11).

A tabela 12 mostra os resultados da comparação dos valores da resultante da força entre as superfícies e entre os períodos de tempo para o apoio traseiro.

Tabela 12. Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) sobre o apoio traseiro, variáveis independentes que tiveram valor significativo durante o exercício isométrico em prancha ventral.

APOIO TRASEIRO

Tipo de Superfície			Tempo		
Caixa	Bola Suíça	<i>p</i>	Tempo 1	Tempo 2	<i>p</i>
272,2 ± 14,1	641,1 ± 17,5 <i>p</i> = .000**	<i>p</i> < .001*	454,2 ± 11,5	459,1 ± 10,8	<i>p</i> > .05

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .05$).

** , valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .001$).

Durante o apoio traseiro, existem diferenças significativas da força exercida, entre os dois tipos de superfície ($p < .001$). Sendo que, a força exercida sobre a bola suíça ($641,1 \pm 17,5$) foi significativamente maior ($p = .000$) do que força exercida sobre a superfície estável ($272,1 \pm 14,1$).

Quanto ao tempo de execução do exercício, verificamos que no apoio traseiro, existem diferenças significativas entre os dois períodos de

tempo ($p < .05$), sendo que a força realizada nos últimos cinco segundos ($459,1 \pm 10,8$), embora não apresentando valores significativos, foi maior do que durante os primeiros 5 segundos ($454,2 \pm 11,5$) da realização do exercício (tabela 12).

A tabela 13 mostra os resultados da interação entre as duas superfícies, comparando os valores da resultante da força entre os dois apoios e entre os dois períodos de tempo.

Tabela 13. Valores médios e respectivo SD da resultante de força (*Newton*) exercida em cada apoio, no tempo 1 e no tempo 2, comparando a interação entre superfícies, durante a execução do exercício isométrico em prancha ventral.

	Apoio Frontal	Apoio Traseiro
	VB*VC	VB*VC
T1	585,7 ± 176,7 p=.000*	369,7 ± 135,9 p=.000*
T2	582,2 ± 174,7 p=.000*	368,0 ± 136,6 p=.000*

*, valores que apresentaram diferenças significativas ($p < .001$).

Existe uma interação significativa entre as duas superfícies ($p < .001$), na força exercida no apoio frontal, durante os primeiros cinco segundos do exercício ($p = .000$) e durante os cinco segundos finais do exercício ($p = .000$). Desta interação entre os dois tipos de superfície, verificámos que a força exercida durante os primeiros cinco segundos ($585,7 \pm 176,7$) foi maior do que a força exercida sobre o apoio frontal, durante os cinco segundos finais ($582,2 \pm 174,7$).

Existe uma interacção significativa entre as duas superfícies ($p < .001$), na força exercida no apoio traseiro, durante os primeiros cinco segundos do exercício ($p = .000$) e durante os cinco segundos finais do exercício ($p = .000$). Desta interacção entre os dois tipos de superfície, verificámos que a força exercida durante os primeiros cinco segundos ($369,7 \pm 135,9$) foi maior do que a força exercida sobre o apoio frontal, durante os cinco segundos finais ($368,0 \pm 136,6$) - tabela 13.

CAPITULO V – DISCUSSÃO

A partir da análise dos resultados electromiográficos e cinéticos obtidos, iremos proceder à discussão dos mesmos, evocando a literatura supracitada.

Para os músculos recto abdominal e *longissimus dorsi*, os resultados electromiográficos sugerem um incremento significativo na activação muscular quando o exercício foi realizado sobre a bola suíça. Para o recto abdominal, porção superior o valor mais elevado encontrado neste músculo foi de 23,26% CVM, durante os cinco segundos finais de execução e para o músculo *longissimus dorsi*, o maior valor encontrado para este músculo foi de (24,12% CVM), nos cinco segundos finais da execução do exercício.

Estes resultados vão ao encontro dos resultados encontrados por Garcia et al. (2000) em que na execução do exercício abdominal *curl-up* sobre uma superfície instável encontraram valores de maior activação para o recto abdominal. Hildenbrand & Noble (2004) e também encontraram valores de maior activação do músculo recto abdominal, nas porções superior e inferior, quando os exercícios foram executados sobre a superfície instável. Behm et al. (2005) encontraram resultados semelhantes de activação para o recto abdominal quando os exercícios foram realizados sobre a superfície instável. Esta concordância entre resultados fortalece a ideia de que a bola suíça é um bom instrumento para desenvolver a musculatura do *core*. Embora, os resultados obtidos sugiram que este tipo de instrumento não isola apenas a musculatura abdominal, uma vez que os resultados evidenciam, também, o incremento significativo da musculatura responsável pela extensão do tronco. Tal como aconteceu com os resultados obtidos por Hildenbrand & Noble

(2004). Também McGill (2001) referiu que uma estabilidade óptima da musculatura do *core* requeria uma combinação entre o controlo motor (particularmente, do recrutamento dos músculos profundos, como o *multifidus* e transverso) e uma adequada capacidade de resistência dos músculos superficiais (particularmente, da activação dos músculos superficiais: recto abdominal, oblíquos, extensores do tronco).

Os resultados significativos que obtivemos para os músculos recto abdominal e *longissimus dorsi*, quando o exercício foi realizado sobre a bola suíça, podem sugerir que a realização do exercício em condições isométricas, proporcionou uma coactivação dos músculos do tronco para manter a estabilidade sobre a superfície instável, ao contrário dos resultados obtidos no estudo de Diker et al. (2006).

Ainda assim, os nossos resultados vão ao encontro com os resultados que Marshall & Murphy (2006) e Lehamn et al. (2006) também encontraram na activação significativamente maior para os músculos recto abdominal e músculos extensores do tronco. Também no estudo de Marshall & Murphy (2006) no qual o exercício abdominal foi realizado em condições isométricas, o incremento da actividade do músculo recto abdominal pode ter sido interpretado neste contexto, em que a coactivação dos músculos abdominais foi solicitada para manter a estabilidade da coluna lombar na bola suíça.

Ao contrário dos resultados obtidos no estudo por Schellenberg et al. (2007) que sugeriram que a prancha ventral recrutou preferencialmente os músculos anteriores do tronco, responsáveis pela estabilização do *core*, os nossos resultados sugerem que não há

uma dominância só dos músculos extensores do tronco ou só dos flexores do tronco, na execução do exercício em prancha ventral, quando executado em diferentes tipos de superfície. O que pode significar que em termos de estabilização da coluna, na realização do exercício em prancha ventral, sobre uma superfície instável, vários músculos do *core* asseguram essa estabilidade. Este fenómeno pode significar que a execução deste tipo de exercício poderá ser aconselhável para o treino dos músculos extensores e flexores do tronco. É de salientar que neste estudo não se aplicou nenhum protocolo de treino para se verificar tal constatação. Neste sentido, recomendamos que seja um próximo passo importante numa futura investigação. Por outro lado, estes resultados estão de acordo com Stevens et al. (2006), podendo sugerir e fortalecer a ideia de que a bola suíça poderá ser um instrumento útil no treino de resistência muscular.

Tendo em conta o segundo período de tempo estudado (cinco segundos finais) os resultados sugerem que os músculos, recto abdominal e *longissimus dorsi* (superfície instável), tiveram um recrutamento proporcionalmente activo com o aumento progressivo do tempo de execução. Por um lado, estes dados sugerem que, provavelmente, devido à solicitação intensa (vinte segundos, em situação de contracção isométrica em prancha ventral) e à instalação da fadiga no músculo, houve uma maior solicitação destes músculos para manter a posição ventral em contracção isométrica, contrariando o efeito da instabilidade da bola suíça. Neste sentido, este aumento na activação muscular poderá ser útil no treino de resistência dos músculos estabilizadores do tronco.

Segundo Kenneth et al. (2004) a instabilidade da superfície sobre a qual se executam os exercícios pode provocar um enorme *stress* em toda a musculatura do corpo. E que esse *stress*, segundo a curva de adaptação de Selye (citado por Kenneth et al., 2004) é essencial na acção de obrigar o corpo a reagir e a adaptar-se. Neste sentido, consideramos como limitação neste estudo a não monitorização dos músculos grande e pequeno glúteo e recto femoral, uma vez que os níveis de activação destes músculos poderiam também prever a sua participação na necessidade de manter a posição isométrica do corpo em cima da bola, uma vez que esta não fornece uma base estável de sustentação. Para Hildenbrand & Noble (2004), que monitorizaram o músculo recto femoral, durante a realização do *curl-up* sobre a bola suíça, referiram que o incremento da activação deste músculo estava relacionado com a necessidade de manter a posição do corpo sobre a bola, uma vez que este tipo de superfície não é uma base estável de sustentação e que a utilização deste tipo de superfície instável requer um nível de equilíbrio, coordenação e familiarização maior do que aquele que é necessário para a superfície estável.

Quanto aos dados cinéticos, para o apoio frontal e para o apoio traseiro, os nossos resultados apresentaram diferenças significativas da força exercida, entre os dois tipos de superfície ($p < .001$) e entre os dois tempos ($p < .05$) de execução do exercício. Sendo que, a força exercida pelo apoio frontal sobre a bola suíça, durante os cinco segundos finais de execução foi significativamente maior. Os dados sugerem-nos que a instabilidade criada pelo tipo de superfície permitiu que a base de sustentação no apoio frontal também fosse instável. Consequentemente, existiu uma maior resultante de força

sobre a superfície instável, do que a força exercida sobre os pés (apoio traseiro) que estavam em contacto com a plataforma de força.

Foi demonstrado que a força exercida sobre os apoios foi proporcionalmente crescente com o aumento progressivo do tempo de execução da prancha ventral, tanto na superfície instável como na superfície estável. Estes resultados sugerem que, provavelmente, devido à solicitação intensa (vinte segundos, em situação de contracção isométrica), que a produção de força exercida no final do exercício possa estar relacionada com um aumento do número de unidades motoras com o aumento progressivo do tempo de execução. No caso do exercício executado sobre a bola suíça, nos últimos cinco segundos da execução, o aumento de força sobre o apoio frontal e uma maior solicitação dos músculos recto abdominal e *longissimus dorsi*, possivelmente existiram, para manter a posição ventral em contracção isométrica, contrariando o efeito da instabilidade e reduzindo a ameaça de queda da bola suíça.

Segundo Kenneth et al. (2004) as bolas suíças são utilizadas como instrumentos para o treino, fornecendo um contexto instável para a produção de força. Referiu que os efeitos do treino neste tipo de superfície têm sido demonstrados com o treino de força abdominal.

Consideramos como limitação neste estudo, a ausência de referências bibliográficas que se centrem na investigação de exercícios abdominais sobre superfícies instáveis quantificando, em simultâneo, a actividade electromiográfica e a actividade cinética dos exercícios, em particular, na força exercida nos apoios.

**CAPITULO VI – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E
LIMITAÇÕES**

8. CONCLUSÕES

Como conclusões principais do nosso estudo destacamos a existência de um aumento de activação muscular nos músculos flexores e extensores do tronco que foram estudados quando o exercício foi realizado sobre a bola suíça.

Destacamos a existência de um aumento de activação muscular do recto abdominal e *longissimus dorsi*, no último período de cinco segundos, quando o exercício foi realizado sobre a bola suíça. Tal aumento não se verificou em nenhum dos músculos estudados na superfície estável. Este resultado mostra que a superfície instável promoveu um maior recrutamento de unidades motoras ao longo do exercício, sinal de um maior desgaste das unidades motoras recrutadas no início do exercício.

Em suma, foi demonstrado que a activação muscular aumentou significativamente para o final do exercício (cinco segundos finais). Este aumento poderá sugerir que a aplicação deste exercício poderá ser benéfico para desenvolvimento muscular, ao nível do desenvolvimento da resistência muscular, essencialmente para os músculos flexores e extensores do tronco. Contudo, serão necessários mais estudos para investigar o efeito deste mesmo exercício com tempos mais prolongados e, também, se a implementação deste exercício em treino de resistência produzirá efeitos na capacidade muscular.

Quanto ao incremento significativo da activação da musculatura abdominal e dos músculos extensores do tronco, em particular, para

o recto abdominal, porção superior, e *longissimus dorsi*, quando o exercício foi realizado sobre a bola, sugerimos a utilização deste tipo de superfície instável, para aumentar os mecanismos de alteração e da estabilidade. E recomendamos aos profissionais do *fitness* ou clínicos que devam considerar as diferenças na actividade electromiográfica nos músculos do *core*, quando recomendam exercícios que visam isolar, somente, a musculatura abdominal, com a utilização deste tipo de superfície instável.

Concluimos que a realização do exercício em prancha ventral, em situação de contracção isométrica, sobre a bola suíça resultou num incremento significativo da actividade electromiográfica e da força, caracterizada pelo o aumento significativo da resultante da força sobre o apoio frontal.

9. RECOMENDAÇÕES

Recomendamos, em futuros estudos que incidam na análise de exercícios isométricos em prancha, sobre superfícies instáveis, a monitorização dos músculos oblíquos, transverso, psoas-ilíaco, grande e pequeno glúteo e do recto femoral, uma vez que os níveis de activação destes músculos também podem prever a sua participação na necessidade de manter a posição isométrica do corpo sobre a superfície instável.

Recomendamos ainda, em futuros estudos, e recorrendo aos dados antropométricos e cinemáticos recolhidos durante o exercício em prancha ventral, a construção de um *link segment model*, com base nas forças de reacção e nos momentos de força dos músculos e articulações. Esta predição é possível ser feita com base na dinâmica inversa, que segundo alguns autores (Winter, 1990; Hansen et al., 2006) é considerada uma poderosa ferramenta que sintetiza toda a actividade muscular e as articulações envolvidas no exercício estudado.

Através daquele método, usando o modelo de corpos rígidos articulados e a partir das características inerciais de cada corpo, possivelmente podem-se determinar as forças e os momentos realizados em cada articulação do modelo, permitindo deste modo serem calculadas as forças reactivas, especificamente, a carga lombar.

Como a análise por dinâmica inversa utiliza as posições, velocidades e acelerações para calcular as forças e momentos, sugerimos que,

indirectamente, se utilize a cinemática para proceder ao cálculo da cinética. Assim, tendo uma descrição cinemática exaustiva, com exactas medidas antropométricas e os dados das forças externas, é possível estimar as forças de reacção nas articulações e os momentos de força. Com base em medidas exactas da massa de cada segmento e centros de massa (cabeça, tronco e membros), centros de rotação das articulações (vértebras lombares) e momentos de inércia obtidos através de tabelas de referência, com base no peso e altura dos sujeitos, eventualmente é possível construir um modelo biomecânico que determine os momentos de força sobre a coluna lombar em quatro locais (entre as vértebras L1 e L2; entre a L2 e L3; entre a L3 e L4; e entre a L4 e L5), estimando a carga e a compressão lombar, durante a execução do exercício em prancha ventral. Neste sentido, recomendamos que seja possível a construção de um modelo biomecânico de quantificação da carga lombar, durante a execução do exercício em prancha ventral.

10. LIMITAÇÕES

Constituíram-se como limitações a este estudo:

(1) a preparação dos sujeitos do género masculino, pela pilosidade apresentada, o que exigiu cuidados maiores na preparação da pele para a colocação dos eléctrodos;

(2) a impossibilidade de registar EMG de superfície em alguns músculos importantes na mobilidade/estabilidade do tronco, como os músculos oblíquos (interno e externo), transverso e o psoas-íliaco;

(3) a sincronização do EMG com a plataforma de força, em que foi necessário perdermos alguns segundos iniciais para o sujeito se colocar na posição pretendida e o que conseqüentemente, no tratamento de dados, nos reconduziu a uma adaptação e leitura invertida do tempo total de execução, ajustando a ideia inicial de estudarmos os cinco segundos iniciais e os cinco segundos finais. Neste sentido, adaptámos o estudo para a análise dos cinco primeiros segundos e os cinco segundos finais da execução do exercício abdominal em prancha;

(4) as exigências temporais, não nos permitiram efectuar o tratamento dos dados cinemáticos e dos dados de composição corporal.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, E., & Nilsson, J., Ma, Z., & Thorstensson, A. (1997). Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 115-123.

Axler, C., & McGill, S. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 29, 804-810.

Behm, D., Anderson, K., Curnew, R. (2002). Muscle Force and Neuromuscular activation under stable and unstable conditions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 416-422.

Behm, D., Leonard, A., Young, W., Bonsey, W., Mackinnon, S. (2005). Trunk Muscle Electromyographic Activity with Unstable and Unilateral Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 193-201.

Beim, G., Giraldo, J., Pincivero, D., Borrer, M., Fu, F. (1997). Abdominal strengthening exercises: a comparative EMG study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6, 11-20.

Bonelli, S. (2002). Stability Ball Training. A Guide for Fitness Professionals from the American Council on Exercise. Healthy Learning.

DcLuca, J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*. 13, 135-163.

Dieën, V., Kingma, I., Bug, V. (2003). Evidence for a role of antagonist co-contraction in controlling trunk stiffness during lifting. *Journal of Biomechanics*, 36, 1829-1836.

Drake J., Fisher, S., Brown, S., Callaghan, J. (2006). Do exercise balls provide a training advantage for trunk extensor exercises? A biomechanical evaluation. *Journal Manipulative and physiological therapeutics*. 29, 354-362.

Filho, R., Silva, P., Ito, M., Alves, N., Padovan, C., Micolis A. (2006). Stabilization of lumbo-pelvic region and electromyography of the abdominal muscles. *Electromyographic Clinical Neurophysiology*. 46, 51-57.

Fragoso, I., & Filomena, V. (2005). Cinantropometria. FMH Edições.

Hansen L., Mark de Zee, Rasmussen, J., Andersen, T., Wong, C., Simonsen, E. (2006). Anatomy and Biomechanics of the Back Muscles in the Lumbar

Spine With Reference to Biomechanical Modeling. *Spine, Biomedical Journal*, 31, 17.

Hermens, H., & Freriks, B. (2006). Recommendations SEMG sensors, placement and locations. SENIAM Project, <http://www.seniam.org/>

Hildebrand, K., & Noble, L. (2004). Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the Ab Roller, ABslide, Fitball and conventionally performed trunk curls. *Journal of Athletic Training*, 39, 37-43.

Juker, D., McGill, S., Kropf, P., Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 30, 301-310.

Kenneth, G., Anderson, K., David, G. Behm, D. (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 637-640.

Korad, P. (2005). The ABC of EMG – A practical Introduction to Kinesiological Electromyography. *Noraxon INC. USA*. 1st Version.

Kundson D. (1999). Issues in abdominal Fitness: testing and technique. *Journal of Health and Physical Education Recreation & Dance*, 70, 49-55, 64.

Lehman, G., & McGill, S. (2001). Quantification of the differences in electromyographic activity magnitude between the upper and lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercises. *Physical Therapy*, 81, 1096-1101.

Lehman, G., Hoda, W., Oliver, S. (2005). Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropractic & Osteopathy*, 13, 1-8.

Lehman, G., MacMillan, B., MacIntyre, I., Chivers, M., Fluter, M. (2006). Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and of a swissball. *Dynamic Medicine*, 5, 1-7.

Marshall, M., & Murphy, B. (2005). Core Stability Exercises on and off a Swiss ball. *Archives Physical Medicine & Rehabilitation*, 86, 242-249.

Marshall, M. & Murphy, B. (2006). Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a Swiss ball. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 31, 376-383.

McGill, S. (1998). Low Back Exercises: Evidence for improving Exercise Regimens. *Physical Therapy*, 78, 754-764.

McGill, S. (2001). Low Back Stability: From formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sport Science Reviews*, 29, 26-31.

Moreside, J., Vera-Garcia, F., McGill, S. (2007). Trunk muscle activation patterns, lumbar compressive forces, and spine stability when using the Bodyblade. *Physical Therapy*, 87, 153-163.

Nobre, H. (2002). *Caracterização da Parede Antero-lateral do Abdómen em alguns exercícios Abdominais*. Tese de Mestrado. Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.

Norris, C. (1993). Abdominal muscle training in sport. *British Journal of Sports Medicine*. 27, 19-26.

Pezarat-Correia, P., Nobre, H., Cabri, C., Canto de Loura, L. (2003). Differences in EMG activation of upper and lower portions of the rectus abdominis during different exercises. *Medicine & Science in Sports Exercise*, 35, 5 Supplement.

Schellenberg, K., Lang, J., Chan, K., Burnham, R. (2007). A Clinical Tool for Office Assessment of Lumbar Spine Stabilization Endurance: Prone and Supine Bridge Maneuvers. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 86, 380-386.

Stevens, V., Bouche, K., Mahieu, N., Coorevits, P., Vanderstraeten, G., Danneels, L. (2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7, 75.

Vera-Garcia, F., Grenier, S., McGill, S. (2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80, 564-569.

Wahl, M. & Behm D. (2008). Not all instability training devices enhance muscle activation in highly resistance-trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1360-1370.

Warden, S., Wajswelner, H., Bennell, K. (1999). Comparison of Abshaper and convencionally performed abdominal exercises using surface electromyography. *Journal of the American College of Sports Medicine*, 19, 1656-1664.

Winter, D. (1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. *Willey-Interscience Publication.*, 2nd Edition.