

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Gustavo do Nascimento Petter

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL DURANTE A EXECUÇÃO
DO STAR EXCURSION BALANCE TEST**

**Santa Maria, RS
2017**

PPGEDF/UFSM, RS

PETTER, Gustavo do Nascimento

Mestre

2017

Gustavo do Nascimento Petter

**AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL DURANTE A EXECUÇÃO DO STAR
EXCURSION BALANCE TEST**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Educação Física.**

Orientador: Prof Dr. Carlos Bolli Mota

**Santa Maria, RS
2017**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

do Nascimento Petter, Gustavo
Avaliação do controle postural durante a execução do
Star Excursion Balance Test / Gustavo do Nascimento
Petter.- 2017.
58 p. ; 30 cm

Orientador: Carlos Bolli Mota
Coorientador: Michele Forgiarini Saccol
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação Física e desportos, Programa de
Pós-Graduação em Educação Física, RS, 2017

1. Equilíbrio Postural 2. Propriocepção 3. Voluntários
saudáveis I. Bolli Mota, Carlos II. Forgiarini Saccol,
Michele III. Título.

Gustavo do Nascimento Petter

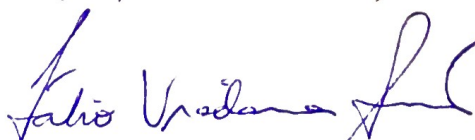
**AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL DURANTE A EXECUÇÃO DO STAR
EXCURSION BALANCE TEST**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Educação Física**.

Aprovado em 14 de março de 2017:



Carlos Bolli Mota, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Fábio Viadanna Serrão, Dr. (UFSCar)



Rodrigo Rico Bini, Dr. (La Trope University)

Santa Maria, RS
2017

RESUMO

AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL DURANTE A EXECUÇÃO DO STAR EXCURSION BALANCE TEST

AUTOR: Gustavo do Nascimento Petter

ORIENTADOR: Carlos Bolli Mota

O Star Excursion Balance Test (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural. A interpretação de seus resultados depende da compreensão das especificidades motoras e dos mecanismos de compensação exigidos em cada direção do teste. O objetivo deste estudo é identificar fatores biomecânicos relacionados às exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural nas diferentes direções do SEBT. Este é um estudo do tipo transversal, descritivo e correlacional. Sua realização aconteceu no Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria, no Centro de Educação Física e Desportos. Participaram do estudo 16 indivíduos saudáveis, com idade entre 20 e 30 anos, praticantes de atividade física e sem disfunções de membros inferiores. As mensurações ocorreram através da realização do SEBT sobre a plataforma de força e simultaneamente a análise cinemática. Os resultados indicam que a posição do centro de pressão (COP) no momento do toque difere entre a direção anterior para as demais direções do SEBT e o desempenho nesta direção está moderadamente correlacionado com a proximidade do COP ao limite anterior da base de suporte. Os desempenhos nas demais direções não apresentaram correlação com a posição do COP. E ainda, a direção anterior do SEBT parece exigir maior momento extensor das articulações do joelho e tornozelo do que do quadril. Já a direção posteromedial parece exigir maior momento extensor da articulação do joelho, seguido do quadril. E por fim, a direção posterolateral parece exigir maior momento extensor das articulações do quadril e joelho do que do tornozelo. Conclui-se então que as exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural são diferentes entre as direções do SEBT.

Palavras-chave: Equilíbrio Postural; Propriocepção; Voluntários saudáveis;

ABSTRACT

EVALUATION OF POSTURAL CONTROL DURING THE EXECUTION OF THE STAR EXCURSION BALANCE TEST

AUTHOR: Gustavo do Nascimento Petter

SUPERVISOR: Carlos Bolli Mota

The Star Excursion Balance Test (SEBT) is a clinical test that aims to evaluate postural control. The interpretation of its results depends on the understanding of the motor specificities and the compensation mechanisms required in each direction of the test. The objective of this study is to identify biomechanical factors related to the requirements of compensation mechanisms for postural control between the different directions of the SEBT. This study is a cross-sectional, descriptive and correlational research. Its accomplishment happened in the Laboratory of Biomechanics of the Federal University of Santa Maria, in the Center of Physical Education and Sports. Sixteen healthy individuals, aged between 20 and 30 years old, practicing physical activity and without lower limb dysfunctions participated in the study. Measurements were made by performing the SEBT on the force platform and simultaneously the kinematic analysis. The results indicate that the position of the center of pressure (COP) at the touch differs from the anterior direction to the other directions of the SEBT and the performance in this direction is correlated with the proximity of the COP to the anterior limit of the support base. The performances in the other directions did not correlate with the COP position. Also, the anterior direction of the SEBT seems to require a greater extensor moment of the knee and ankle joints than of the hip. The posteromedial direction seems to require a greater extensor moment of the knee joint, followed by the hip. And finally, the posterolateral direction seems to require a greater extensor moment of the hip and knee joints than of the ankle. So, we conclude that the requirements of the compensation mechanisms for postural control are different between the directions of the SEBT.

Keywords: Postural Balance; Proprioception; Healthy Volunteers;

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
SEBT – Star Excursion Balance Test
COP – Centro de pressão
CM – Centro de massa
CR – Contribuição relativa
RMS – Root Means Square
IMC – Índice de massa corporal
LA – Limite anterior
LM – Limite medial
LL – Limite lateral
LPM – Limite posteromedial
LPL – Limite posterolateral
FAMI – Fase de anterozação do membro inferior
FTS – Fase de toque ao solo
FRMI – Fase de retorno do membro inferior
BSA – Distância anterior do COP ao LA
BSM – Distância medial do COP à LM
BSL – Distância lateral do COP à LL
BSPM – Distância posteromedial do COP à LPM
BSPL – Distância posterolateral do COP à LPL
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
AMTI – Advanced Mechanical Technologies, Incorporation
CEFD – Centro de Educação Física e Desportos

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Questionário de atividade física habitual

ANEXO B – Escala funcional da extremidade inferior

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.

APÊNDICE B – Questionário de identificação

APÊNDICE C – Termo de confidencialidade

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	08
1.1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	09
1.1.1 Controle postural.....	09
1.1.2 análise do controle postural dinâmico.....	10
1.1.3 Star excursion balance test.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	14
1.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
1.4.1 Desenho e população.....	14
1.4.2 Coleta de dados.....	15
1.4.3 Análise dos dados.....	18
1.5 ASPECTO ÉTICOS.....	20
2 ARTIGO 1 – DESLOCAMENTOS DO CENTRO DE PRESSÃO NO STAR EXCURSION BALANCE TEST	21
3 ARTIGO 2 – MOMENTOS ARTICULARES DE MEMBROS INFERIORES NA REALIZAÇÃO DO STAR EXCURSION BALANCE TEST	33
4 DISCUSSÃO	44
5 CONCLUSÃO	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
ANEXOS	50
APÊNDICES	53

1 APRESENTAÇÃO

O Star Excursion Balance Test (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural dinâmico (GRIBBLE et al., 2012). O método foi originalmente criado como um exercício, sendo considerado uma atividade baseada em agachamentos uni podais. Porém, atualmente ele tem sido utilizado como uma ferramenta de diagnóstico para indicar a presença de condições patológicas, sucesso de intervenções e detectar potencial risco de lesões (GRIBBLE et al, 2003; GONNEL et al 2015; PLISKY et al 2006). A realização do teste desafia o indivíduo a deslocar um dos membros inferiores em direções definidas, tocando no solo levemente o mais longe possível do membro apoiado, sem mover o pé de apoio em momento algum (GRIBBLE et al, 2003). Quanto maiores os alcances obtidos no teste, melhor é o controle postural dinâmico (GRIBBLE et al., 2012).

A execução adequada de cada uma das direções do SEBT exige a combinação de movimentos tridimensionais específicos, que por sua vez modificam as ações musculares predominantes de acordo com a direção do movimento. Sendo assim, cada um dos movimentos necessita da coordenação de ações musculares específicas para sua execução (GRIBBLE et al., 2012; EARL e HERTEL 2001), isso devido aos deslocamentos segmentares serem distintos e influenciando a ativação muscular dos músculos envolvidos (EARL e HERTEL 2001).

Durante a realização do SEBT ocorre um deslocamento de massa de acordo com o movimento do membro inferior e isso tende a deslocar a projeção do centro de massa (CM) no mesmo sentido e direção. Para adequada manutenção do controle postural é necessário a regulação do centro de pressão (COP), de tal forma que a projeção do CM no solo seja mantida dentro da base de suporte (MOCHIZUKI e AMADIO, 2003). Assim, o COP responde os deslocamentos do CM e também tende a se aproximar dos limites da base de suporte (WINTER, 1995). Embora as pessoas não possuam consciência das posições do COP e do CM, elas instintivamente estão cientes de seus limites de deslocamento (PALMIERI et al 2002) e esta capacidade de percepção parece ser exigida no SEBT, pois o momento do toque no solo para definição do alcance máximo é decidido pelo sujeito.

O controle postural resulta da integração dos sistemas nervoso e motor (PALMIERI et al 2002; HASSON et al., 2008; DUARTE e FREITAS, 2010; RABELLO et al., 2014). Quando o corpo se movimenta é necessária a produção de forças para a manutenção das posições da projeção do centro de massa dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (PALMIERI et al 2002; HASSON et al., 2008; DUARTE e FREITAS, 2010; RABELLO et

al., 2014). O sistema sensorial percebe os movimentos, desencadeia um processo de aferência para o sistema nervoso central, que processa as informações e produz sinais eferentes para o sistema motor, gerando assim contrações musculares que produzem torques articulares (WINTER, 1995). Um modo de apresentar estes torques é através da contribuição relativa (CR) das articulações, que demonstra percentualmente o quanto cada articulação contribui para o movimento em relação ao torque total.

Então, levando-se em consideração os apontamentos acima, este estudo buscou identificar fatores biomecânicos relacionados às exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural entre as diferentes direções do SEBT

1.1 REFERÊNCIAL TEÓRICO

1.1.1 Controle Postural

A postura pode ser compreendida como a configuração das articulações de um corpo, isto é, a posição relativa entre os segmentos corporais (DUARTE e FREITAS, 2010). O controle postural pode ser sub-classificado em estático e dinâmico, sendo o controle postural estático aquele em que o indivíduo estabelece uma base de suporte e mantém sua posição enquanto minimiza os movimentos corporais tanto quanto possível. Já o controle postural dinâmico envolve algum movimento corporal sobre a base de suporte (GRIBBLE et al., 2012).

Na postura ereta quieta as forças e momentos de força são muito pequenos, o que resulta apenas em pequenas oscilações do corpo praticamente imperceptíveis. É comum se referir a essa condição como uma condição de equilíbrio, bem como é comum se referir à tarefa de controle postural como de controle do equilíbrio (DUARTE e FREITAS, 2010).

O equilíbrio pode ser definido como a manutenção do CM do corpo dentro dos limites da base de suporte (PALMIERI et al., 2002; RABELLO et al., 2014). O CM é um ponto abstrato que representa a massa total de um corpo (RODGERS e CAVANAGH, 1984). Já a base de suporte pode ser definida como o conjunto formado pelas possíveis posições que o COP pode assumir (HOF et al., 2005; HOF, 2007).

Como o corpo humano, mesmo na postura ereta quieta, está em constante movimento, é necessária a existência de forças para a manutenção das posições da projeção do CM dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (PALMIERI et al., 2002; HASSON et al., 2008; DUARTE e FREITAS, 2010; RABELLO et al., 2014). O sistema sensorial percebe os

movimentos, desencadeia um processo de aferência para o sistema nervoso central, que processa as informações e produz sinais eferentes para o sistema motor, gerando assim contrações musculares que produzem força. Estas forças são produzidas pelo sistema musculoesquelético em torno dos eixos articulares, ou seja, as contrações musculares produzem torques que podem mover os segmentos corporais em torno dos eixos articulares. Por sua vez, parte desses são transmitidos para o solo, proporcionando o controle postural (WINTER, 1995). O controle postural resulta então da integração dos sistemas sensorial, nervoso e motor (PALMIERI et al., 2002; HASSON et al., 2008; DUARTE e FREITAS, 2010; RABELLO et al., 2014) para a manutenção da posição do CM.

O ponto de aplicação da resultante das forças verticais originadas destes torques que agem no solo é chamado de COP (DUARTE e FREITAS, 2010), que também pode ser definido como o centro da distribuição de todas as forças aplicadas na superfície de suporte (PALMIERI et al., 2002). Sendo assim, o COP é uma resposta neuromuscular à posição e ao deslocamento do centro de massa (MOCHIZUKI et al., 2003; DUARTE e FREITAS, 2010). A principal interação com o meio externo que o corpo humano tem para restabelecer o equilíbrio surge com a base de suporte, e esta interação ocorre pelo controle do COP (MOCHIZUKI et al., 2003). Embora as pessoas não possuam consciência das posições do COP e do CM, elas instintivamente estão cientes de seus limites de deslocamento (PALMIERI et al., 2002).

1.1.2 Análise do controle postural dinâmico

Uma das ferramentas mais utilizadas para a mensuração das variáveis cinéticas que envolvem o controle postural é a plataforma de força. Este instrumento, que é utilizado desde aproximadamente 1970, quantifica as forças de reação do solo através de sensores no solo (GOLDIE et al., 1989; BROWNE et al., 2000).

As principais variáveis, relacionadas ao controle postural, que podem ser calculadas a partir das mensurações realizadas pela plataforma de força são (PALMIERI et al., 2002; DUARTE e FREITAS, 2010): Amplitude máxima, que é o deslocamento máximo absoluto do COP em relação a média; Amplitude mínima, que é o deslocamento mínimo absoluto do COP em relação à média; Amplitude de deslocamento do COP, que trata-se da distância entre o deslocamento máximo e o mínimo do COP para cada direção; Amplitude média do COP, é o valor médio do COP em relação a todos os dados posicionais coletados pela plataforma, e pode ser dividida em relação às amplitudes anteroposterior e médio lateral; Excursão total do

COP, que é a distância percorrida pelo COP durante a coleta, já a velocidade de deslocamento do COP é esta distância dividida pelo tempo de coleta; *Root-Mean Square* (RMS), que representa o desvio padrão do deslocamento do COP, sendo que este parâmetro mede o deslocamento médio absoluto em torno do COP médio; e velocidade RMS, definida como a distribuição de deslocamentos ao longo do tempo COP.

Sendo assim, a plataforma de força analisa o controle postural através do COP. No entanto, para uma análise mais completa do movimento humano é necessário, além dos dados de força de reação do solo, os dados cinemáticos dos segmentos corporais.

A cinemetria é um método de medição que busca, a partir da aquisição de imagens da execução do movimento, mensurar e descrever o comportamento de variáveis cinemáticas como a velocidade, o deslocamento, a posição e a orientação do corpo e de seus segmentos (AMADIO et al., 1999). Logo, através da cinemetria sincronizada com a plataforma de força é possível avaliar um maior número de fatores que afetam ou descrevem o movimento humano, e combinações de procedimentos são necessárias para uma interpretação mais ampla sobre o movimento avaliado (AMADIO et al., 1999).

O corpo está em equilíbrio quando a projeção do CM está contido na área da base de suporte. Porém, quando falamos em equilíbrio dinâmico esta condição é insuficiente. Nestes casos, é necessário também a realização da análise da velocidade do CM, pois, mesmo estando sobre a área da base de suporte, caso sua velocidade esteja direcionada para fora da base, o retorno ao equilíbrio pode ser impossível (PAI e PATTON, 1997; HOF et al., 2005).

De acordo com a sua localização o COP pode ser capaz de compensar o deslocamento do CM, mantendo o equilíbrio. Porém, quando analisamos a posição e as velocidades linear e angular do CM podemos calcular, para determinado instante, quanto tempo o CM levaria para atingir o limite da base de suporte caso a situação permaneça constante (HOF et al., 2005). Assim, segundo este modelo, quando a estimativa de localização do CM exceder o limite da base de suporte, o equilíbrio não poderá ser restabelecido. Em outras palavras, é possível calcular o menor impulso necessário para perturbar a situação de equilíbrio e a partir daí definir uma margem de estabilidade em relação a base de suporte (PAI e PATTON, 1997; HOF et al., 2005). Contudo, o modelo considera apenas o movimento do CM do corpo como um todo, e sabe-se que a aceleração dos segmentos influenciam nos momentos gerados no corpo, sendo possível que o ponto futuro estimado do CM esteja fora da base de apoio e ainda assim haja recuperação do equilíbrio (HOF et al., 2005). Então, para uma melhor análise do controle corporal, se faz necessário a avaliação desses mecanismos de controle para cada tarefa avaliada.

1.1.3 Star Excursion Balance Test

O SEBT pode ser considerado um importante modo de testar o equilíbrio dinâmico sem a utilização de instrumentos complexos (GRIBBLE et al., 2012). O método foi originalmente criado como uma ferramenta para a reabilitação, podendo ser considerado um exercício baseado em agachamentos unipodais, sendo que o membro que não mantém contato com o solo deve se deslocar ao máximo, em direções definidas, em relação ao membro apoiado, tocar o solo suavemente e retornar a posição inicial bipodal, sem mover o pé de apoio em momento algum (GRIBBLE, 2003). As direções e sentidos para o deslocamento do membro em fase aérea são definidas por 3 linhas que iniciam-se em um mesmo ponto formando 3 ângulos, 135° entre a reta anterior e as posteriores e 90° entre as retas posteriores (HERTEL, 2008 e PLISKY et. al, 2006), e cada uma destas linhas é nomeada a partir de sua posição em relação ao membro em contato com o solo (GRIBBLE et al, 2010). Um maior deslocamento do membro em movimento indica um melhor controle postural dinâmico (GRIBBLE et al, 2012).

Para a execução adequada de cada deslocamento exigido no teste é necessária a combinação de movimentos tridimensionais específicos, que por sua vez alternam as ações musculares predominantes de acordo com a direção do movimento. Ou seja, cada um dos movimentos exige a coordenação de ações musculares específicas para sua execução (GRIBBLE et al., 2012).

Segundo Gribble et. al (2012) o SEBT pode ser utilizado com diferentes objetivos, e divide esses em quatro principais: diferenciar sujeitos com disfunção de membros inferiores dos saudáveis, observar a influência de tapes, bandagens e órteses no controle postural, mensurar respostas à diferentes intervenções e por fim com o objetivo de prever risco de lesão.

Quanto à confiabilidade, o teste apresenta altos coeficientes de correlação para o mesmo avaliador e também para avaliadores distintos (HERTEL et al., 2000; MUNRO et al., 2010). Outro aspecto importante é o efeito da aprendizagem, e para minimizar a influência deste fator se faz necessário a execução de pelo menos 4 tentativas de treino em cada direção antes da mensuração do teste (ROBINSON et al., 2008; MUNRO et al., 2010).

Sabe-se que existem alguns fatores que influenciam os resultados obtidos no SEBT (GRIBBLE et al., 2012). O comprimento dos membros inferiores influencia diretamente no alcance das excursões exigidas no teste, e por isso é utilizado a normalização dos escores por esta medida. Outro fator é o peso do indivíduo, pois como o teste é baseado em mini

agachamentos a carga é a própria massa do sujeito. Também por esta questão tem-se o efeito da fadiga sobre o escore do teste, pois se praticadas muitas repetições, sem intervalos apropriados, a tendência é de que o rendimento diminua (GRIBBLE et al., 2009). Pode-se citar ainda como fatores relacionados ao SEBT a ativação muscular, que difere entre as diferentes direções exigidas no teste (HERTEL et. al 2001), o padrão de movimento adotado pelo sujeito, pois a individualidade na estratégia de execução da tarefa interfere nos resultados (NAGAWA et. al, 2004; HOC et. al, 2011), e a presença de lesões de membros inferiores, o que dificulta todo o processo de controle postural (PLISKY et. al. 2006). Outro fator que pode ter relação com o desempenho do SEBT é o tipo de pé, porém Gribble et. al 2012 aconselha não controlar este fator, pois os estudos ainda são inconclusivos. E por fim, a existência de diferenças quanto aos aspectos morfológicos e fisiológicos entre homens e mulheres faz indagar se existem diferenças nos índices entre os gêneros para o SEBT. Quanto a isso foi evidenciado que existe diferença entre os gêneros, porém esta diferenciação pode não ser percebida quando os dados mensurados são normalizados pelo comprimento do membro em apoio e pelo peso dos indivíduos (GRIBBLE et al, 2009).

No que diz respeito à necessidade de avaliação dos movimentos nas 8 direções previstas pelo modelo inicial do teste, foi evidenciado que apenas 3 direções (anterior, posteromedial e posterolateral) já são suficientes para a verificação do controle postural dinâmico pelo SEBT (HERTEL, 2008).

Sendo assim, o SEBT foi idealizado inicialmente como uma ferramenta para a reabilitação, porém ele foi adaptado para uma ferramenta de diagnóstico, utilizado para diferenciar a presença de condições patológicas, sucesso de intervenções e detectar potencial risco de lesões (GRIBBLE et al, 2009).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é identificar fatores biomecânicos relacionados às exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural nas diferentes direções do SEBT.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar as posições do COP das diferentes direções do SEBT no instante do toque ;

Avaliar a correlação entre os alcances obtidos no SEBT e as distâncias do COP aos limites da base de suporte; e

Descrever as CRs do plano sagital, das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante a realização do SEBT.

1.3 JUSTIFICATIVA

O SEBT é um teste clínico barato e de fácil realização que pode ser usado para análise do controle postural dinâmico. Conhecer as peculiaridades de cada uma das direções do teste proporciona uma melhor interpretação desse na clínica possibilitando a criação de protocolos para prevenção de lesões e tratamentos mais específicos para cada indivíduo.

1.4 MATERIAIS E MÉTODOS

1.4.1 Desenho e população

Este estudo caracteriza-se como transversal, descritivo e correlacional. Foram incluídos indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade entre 20 e 30 anos, que obtiveram pelo menos 7,5 no escore total no questionário de Atividade Física Habitual (FLORINDO e LATORRE, 2003) (Anexo A). Foram excluídos aqueles indivíduos que apresentaram dor no momento da coleta, que obtiveram resultado inferior a 72 na Escala Funcional da Extremidade Inferior (METSAVATH et al., 2012) (Anexo B) ou que possuíam Índice de Massa Corporal (IMC) menor de 18,5 kg/m² ou maior de 29,9 kg/m². Também foram excluídos aqueles que tinham história de cirurgia traumato-ortopédica, bem como aqueles que possuíam o diagnóstico de alguma doença ou realizavam uso de medicamento que interferisse na realização das avaliações.

A amostra foi do tipo não probabilística acidental (RUDIO, 1998). Em relação ao tamanho da amostra foram realizados 2 cálculos amostrais através do software G.Power 3.1, usando de dados coletados em um estudo piloto com 6 indivíduos, 3 homens, que respeitaram os mesmos critérios de seleção da amostra deste estudo. Baseando-se nos dados obtidos na correlação entre o deslocamento anterior do SEBT com a distância entre o COP e o limite anterior da base de suporte foi determinado um tamanho do efeito de 0,6409. Por fim, através do modelo de ponto bi seriado, com alfa de 5% e power de 80% foi determinado que a amostra deveria ter pelo menos 14 sujeitos, porém considerando-se uma possível perda

amostral foram recrutados 16 indivíduos. Já o segundo cálculo foi baseado nos dados obtidos na comparação dos momentos articulares, no plano sagital, das articulações do quadril, joelho e tornozelo no instante do toque no deslocamento anterior do SEBT foi determinado um tamanho do efeito de 1,605. Por fim, através do modelo ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way, com alfa de 5% e power de 95% foi determinado que a amostra deveria ter pelo menos 12 sujeitos. Sendo assim, foi determinado que este estudo deveria ter uma amostra de 16 sujeitos respeitando o maior tamanho de amostra previsto.

1.4.2 Coleta de dados

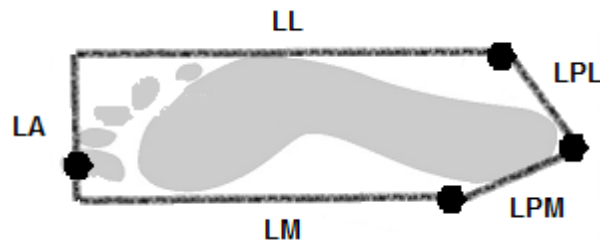
A coleta de dados aconteceu de setembro até dezembro de 2016. Os procedimentos foram realizados em etapas: a entrevista; a avaliação antropométrica e demarcação dos pontos para cinemetria; e realização SEBT sobre uma plataforma de força sincronizada com a avaliação cinemática.

A entrevista foi dividida em três partes, onde a primeira foi composta por questionamentos sobre dados de identificação e caracterização dos indivíduos. A seguir, foi aplicado o questionário de Atividade Física Habitual (FLORINDO e LATORRE, 2003). E por fim, foi realizada a avaliação de funcionalidade dos membros inferiores através da Escala Funcional da Extremidade Inferior (METSAVATH et al., 2012). Estes instrumentos serviram, basicamente, para coletar informações sobre os critérios de inclusão, exclusão e caracterização geral da amostra. A pontuação dos escores dos questionários de Atividade Física Habitual e da Escala Funcional da Extremidade Inferior foram calculadas conforme indicado por Florindo e Latorre (2003) e Metsavath et al. (2012), respectivamente.

A avaliação antropométrica da massa e da estatura foi realizada através de uma balança digital com estadiômetro de marca Welmy, com resolução de 0,1 kg e 0,5 cm respectivamente, e foram mensuradas conforme Carnaval (2000). Já o IMC foi calculado pela divisão da massa do indivíduo por sua estatura elevada ao quadrado. Também foi verificado o comprimento dos membros inferiores, desde a espinha ilíaca anterossuperior até o maléolo medial, e o comprimento do pé, desde o limite anterior do hálux até o limite posterior do calcâneo, com a utilização de uma trena inextensível. E ainda, foram medidas as larguras do tornozelo e joelho, com auxílio de um paquímetro. A demarcação seguiu o modelo *PluginGait* modificado, 16 marcadores do próprio modelo acrescidos de 2 pontos extras sobre os maléolos mediais e outros 2 sobre os hálux, permitindo a delimitação da base de suporte. Esta foi definida pelos marcadores colocados no hálux, maléolo lateral, maléolo medial, e

calcanhar. Os limites da base de suporte foram definidos por meio da ligação dos marcadores supra citados em linhas retas formando os limites anterior, lateral, medial, posterolateral e posteromedial da base de apoio como descrito por Schloemer et al. (2013) (Figura 1).

Figura 1 – Nomenclatura dos limites da base de suporte do pé direito.



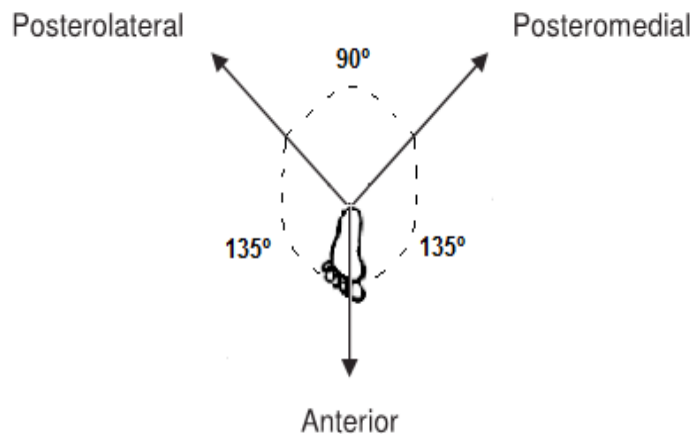
Fonte: Autor. Limite anterior (LA); Limite medial (LM); Limite lateral (LL); Limite posteromedial (LPM); Limite posterolateral (LPL)

O SEBT foi realizado como descrito por Plisky et al. (2006), diferindo apenas no posicionamento do calcâneo do pé de apoio na intersecção das linhas do teste para todas as direções (anterior, posterolateral e posteromedial). No SEBT as direções e sentidos para o deslocamento do membro inferior são definidas por 3 linhas que iniciam-se em um mesmo ponto formando 3 ângulos, 135° entre a linha anterior com as posteriores e 90° entre as retas posteriores (PLYNSKI et al 2006; HERTEL, 2008), e cada uma dessas é nomeada a partir de sua posição em relação ao pé em contato com o solo (GRIBBLE et al., 2012), conforme a Figura 2. As linhas foram demarcadas com a utilização de um banner preso ao solo, que continha a impressão das linhas com a angulação determinada pelo teste, posicionado sobre uma plataforma de força.

O movimento do teste consistiu na manutenção do apoio unipodal enquanto o membro inferior contralateral alcançava a maior distância possível sobre as linhas, concomitante à manutenção das mãos sobre a cintura pélvica. Assim que o indivíduo julgasse ser sua distância limite, ele realizava um leve toque sobre o banner e o deslocamento obtido foi medido e registrado pelo avaliador. Caso o pé de apoio movesse ou a descarga de peso no pé que se moveu fosse muito grande, a tentativa era interrompida e reiniciada. Cada distância individual do SEBT foi normalizada pelo comprimento do membro inferior, já a pontuação geral do SEBT foi calculada dividindo-se a soma das distâncias máximas alcançadas, em

centímetros, nas três direções pelo comprimento real do membro inferior avaliado, e, por fim, multiplicado por três (RABELLO et al., 2014).

Figura 2 – Nomenclatura e angulação das retas de referência com o pé direito apoiado



Fonte: Autor.

A avaliação do SEBT aconteceu concomitantemente à aquisição de dados pela plataforma de força e análise cinemática. Foram realizadas 4 tentativas em cada direção antes de iniciar a coleta, a fim de minimizar o efeito aprendizagem, além de mais 3 tentativas válidas para cada direção, repetindo-se para o membro contralateral, totalizando 42 tentativas. Após realizadas as tentativas de familiarização, foi randomizada a sequência das direções para a coleta das tentativas válidas. Este sorteio ocorreu através da retirada de cartões de dentro de um envelope não transparente. O envelope continha cartões com as direções do SEBT escritas e pela ordem que foram retirados do envelope foi feita a coleta do SEBT. Para minimizar o efeito da fadiga foi fornecido um intervalo de 5 minutos entre as tentativas de pré avaliação e as tentativas válidas de cada membro. Além disso, se o participante desejasse ou aparentasse cansaço, era dado mais 5 minutos de descanso na fase de troca de membro de apoio.

Uma plataforma de força AMTI OR6-6 2000 (Advanced Mechanical Technologies, Inc.) foi utilizada para a mensuração das variáveis do COP. A cinemetria foi realizada através de 6 câmeras do sistema VICON (modelo 624, Oxford, Reino Unido). A frequência de aquisição, tanto da plataforma de força como das câmeras foi de 200Hz.

1.4.3 Análise dos dados

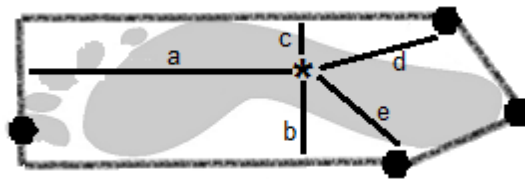
O software VICON Nexus 1.8.5 foi utilizado para registro e processamento dos dados da plataforma de força e de cinemetria. Os dados dos marcadores e da força de reação do solo foram utilizados para calcular a cinemática das articulações do quadril, joelho e tornozelo, bem como os momentos articulares internos. O método de análise de dinâmica inversa foi utilizado para o cálculo dos momentos articulares internos. A dinâmica inversa é um método de análise que permite avaliar de forma quantitativa e objetiva as forças e os momentos proximais resultantes de uma determinada articulação em diferentes atividades (LOSS et al., 2002). Os dados dos marcadores e de força de reação no solo usados nos cálculos de dinâmica inversa foram filtrados, respeitando-se os critérios de resíduos de Winter, com filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem e frequência de corte de 10Hz. Por fim, os dados de momentos obtidos, normalizados pelas massas dos indivíduos, foram novamente filtrados com filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem e frequência de corte de 10Hz. Ainda nesta fase de processamento foram definidas, de maneira visual pelos marcadores do pé, as fases de movimentação. A fase de ida do membro inferior (FIMI) foi delimitada como o período entre a saída do pé do solo até o frame que precedia o toque do pé no solo. Já a fase de toque no solo (FTS) foi definida como todo período em que o pé tocava o solo na posição mais distante do membro apoiado. Por fim, a fase de retorno do membro inferior (FRMI) foi estabelecida como o período entre o primeiro frame que o pé não tocava no solo até o seu contato inicial no retorno a base bipodal no centro da área do teste.

Além das variáveis de caracterização, foram processadas e organizadas para análise estatística os dados das tentativas de maior alcance para cada direção do SEBT. Como a duração de cada uma das fases variava entre as tentativas e indivíduos, cada fase do movimento do SEBT foi interpolada para 11 pontos, assim expressas em 10 intervalos de dados, através de uma rotina elaborada pelos pesquisadores no software MATLAB. Os dados foram então exportados e tabulados para armazenamento.

Destas tentativas foi calculada a distância do COP aos limites da base de suporte no instante do toque (Figura 3). Foi definido como distância anterior (BSA) a distância entre o COP e o limite anterior da base de suporte, como distância medial (BSM) a distância entre o COP e o limite medial da base de suporte, como distância lateral (BSL) a distância entre o COP e o limite lateral da base de suporte, como distância posteromedial (BSPM) a distância entre o COP e o limite posteromedial da base de suporte, e por fim, como distância posterolateral (BSPL) como a distância ao limite posterolateral. Para a comparação da posição

do COP entre as diferentes direções do SEBT foi utilizado a BSA e a BSM normalizadas pelo comprimento e largura do pé respectivamente. E para a análise correlacional com o desempenho na direção anterior do SEBT foi utilizado a BSA, com o desempenho na direção posteromedial do SEBT foram utilizadas a BSM e BSPM, e por fim, com o desempenho na direção posterolateral do SEBT foram utilizadas BSL e BSPL.

Figura 3 – Nomenclatura das distâncias entre o COP e os limites de base de suporte.



Fonte: Autor. Centro de pressão (*); Distância anterior do COP ao limite anterior – BSA (a); Distância medial do COP ao limite medial – BSM (b); Distância lateral do COP ao limite lateral – BSL (c); Distância posteromedial do COP ao limite posterolateral – BSPL (d); Distância posteromedial do COP ao limite posteromedial – BSPM (e)

Os valores das CRs articulares foram obtidos através de uma análise percentual dos momentos articulares do quadril, joelho e tornozelo, em relação ao somatório absoluto desses. Sendo assim, a CR expressa percentualmente para cada uma das articulações o quanto do momento articular absoluto total elas estão submetidas.

Por fim, o processo de análise estatística foi realizado através do Software SPSS 14.0 (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, Estados Unidos). Inicialmente foram realizadas análises exploratórias univariadas das variáveis, bem como a estatística descritiva, montando assim um perfil da amostra. A distribuição dos dados foi avaliada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para a comparação da posição do COP entre as direções foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do post-hoc de Bonferroni. Para as correlações foi utilizado o teste de correlação de Pearson para a correlação de variáveis paramétricas e teste de correlação de Spearman para as não paramétricas. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%. Já para a comparação das CRs entre as articulações foi utilizado a ANOVA de uma via para amostras independentes, seguido do post-hoc de Bonferroni. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%. Os

gráficos foram elaborados pelas médias de todos os indivíduos, e os valores positivos representam CR para a extensão. A análise do post-hoc foi realizada para cada 10% de fase, quando esta apresentava significância estatística na ANOVA.

1.5 ASPECTOS ÉTICOS

Este projeto foi registrado no gabinete de projetos (GAP) do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria (nº 041327) e sua execução foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFSM, CAAE 51543815.7.0000.5346. Todos os processos de pesquisa seguiram os princípios éticos da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, garantindo aos participantes, dentre outros direitos, a privacidade e a confidencialidade das informações, através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para a realização deste estudo, a população alvo foi convidada pelos pesquisadores através de cartazes e convites diretos em equipes esportivas da cidade de Santa Maria. Então receberam explicações a respeito da proposta da pesquisa, esclarecimentos dos objetivos e da metodologia, a fim de julgar sua participação de forma voluntária. Quando aceito o convite, os participantes receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) individualmente, e somente após a assinatura desse iniciaram-se os procedimentos.

Através do termo de confidencialidade (TC, APÊNDICE C), os pesquisadores se responsabilizam pelo compromisso da utilização dos dados e preservação do material com informações sobre os sujeitos. Após a análise e interpretação, os dados recolhidos foram armazenados pelos pesquisadores na sala 1007 do prédio 51 da UFSM e em bancos de dados de um computador de uso pessoal sob a responsabilidade do professor Carlos Bolli Mota por um período de cinco anos, e então serão incinerados ou deletados.

2 ARTIGO 1

Deslocamentos do centro de pressão no Star Excursion Balance Test

Displacements of the center of pressure in the Star Excursion Balance Test

Resumo

Introdução: O Star Excursion Balance Test (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural. A interpretação de seus resultados depende da compreensão das especificidades motoras exigidas em cada direção do teste. **Objetivos:** Comparar as posições do centro de pressão (COP) das diferentes direções do SEBT no instante do toque no solo e avaliar a correlação entre os alcances obtidos no SEBT e as distâncias do COP aos limites da base de suporte. **Materiais e Métodos:** Participaram do estudo 16 indivíduos saudáveis, com idade entre 20 e 30 anos, praticantes de atividade física e sem disfunções de membros inferiores. As mensurações ocorreram através da realização do SEBT sobre uma plataforma de força e simultaneamente a análise cinemática. Para a comparação da posição do COP, entre as direções, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do post hoc de Bonferroni. Para as correlações foi utilizado o teste de correlação de Pearson para a correlação de variáveis paramétricas e teste de correlação de Spearman para as não paramétricas. **Resultados:** A posição do COP no momento do toque difere entre a direção anterior para as demais direções do SEBT e o desempenho nesta direção está correlacionado com a proximidade do COP ao limite anterior da base de suporte. Os desempenhos nas demais direções não apresentaram correlação com a posição do COP. **Conclusão:** As exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural são diferentes entre as direções do SEBT.

Palavras-chave: Equilíbrio Postural; Propriocepção; Voluntários saudáveis; Fisioterapia

Abstract

Introduction: The Star Excursion Balance Test (SEBT) is a clinical test that aims to evaluate postural control. The interpretation of its results depends on the understanding of the required motor specificities in each direction of the test. **Objectives:** To compare the center of pressure (COP) positions of the different directions of the SEBT at the touching instant and to evaluate the correlation between the reach obtained in the SEBT and the distances from the cop to the limits of the support base. **Materials and Methods:** Sixteen healthy subjects participated in the study, 20 to 30 years of age, practitioners of physical activity and without lower limb dysfunctions. Measurements were made by performing the SEBT on the force platform and simultaneously the kinematic analysis. For the comparison of the position of the COP, between the directions, the Kruskal-Wallis test followed by Bonferroni post hoc was used. For the correlations, the Pearson correlation test was used for the correlation of parametric variables and Spearman correlation test for the nonparametric ones. **Results:** The position of the COP at the touch differs from the anterior direction to the other directions of the SEBT and the performance in this direction is correlated with the proximity of the COP to the previous limit of the support base. The performances in the other directions did not correlate with the COP position. **Conclusion:** The requirements of the compensation mechanisms for postural control are different between the directions of the SEBT.

Key Words: Postural Balance; Proprioception; Healthy Volunteers; Physical Therapy Specialty

Introdução

O *Star Excursion Balance Test* (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural dinâmico de modo objetivo, prático e simples (1). O método foi originalmente criado como atividade para a reabilitação, podendo ser considerado um exercício baseado em agachamentos uni podais. Este foi adaptado como uma ferramenta de diagnóstico utilizada para diferenciar a presença de condições patológicas, sucesso de intervenções e detectar potencial risco de lesões (2, 3, 4), uma vez que, níveis adequados de controle são exigidos em diversas tarefas, sendo maiores as exigências de acordo com a dificuldade da mesma, além de um controle postural limitado estar associado ao risco de lesões esportivas (3, 4, 5, 6).

A realização do teste desafia o paciente a deslocar um dos membros inferiores em direções definidas, afastando-o o máximo possível do membro apoiado, tocar o solo suavemente e retornar a posição inicial bi podal, sem mover o pé de apoio em momento algum (2). Quanto maiores os alcances obtidos no teste, melhor é o controle postural dinâmico (1).

As exigências motoras para a realização de cada uma das direções são diferentes, isso devido aos deslocamentos segmentares serem distintos e assim influenciando a ativação muscular dos músculos envolvidos (7). Durante a realização do SEBT ocorre um deslocamento de massa de acordo com o movimento do membro inferior e isso tende a deslocar a projeção do centro de massa (CM) no mesmo sentido e direção. Para adequada manutenção do controle postural é necessária a regulação do centro de pressão (COP), de tal forma que a projeção do CM no solo seja mantida dentro dos limites da base de suporte (8). Assim, o COP responde aos deslocamentos do CM e também tende a se aproximar destes limites (9). Embora as pessoas não possuam consciência das posições do COP e do CM, elas instintivamente estão cientes de seus limites de deslocamento (10) e esta capacidade de percepção parece ser exigida no SEBT, pois o momento do toque no solo para definição do alcance máximo é decidido pelo sujeito.

Considerando-se que a posição do COP deve compensar os deslocamentos do CM para a realização do SEBT e que conhecer as peculiaridades de cada uma das direções do teste possibilita uma melhor interpretação desse na clínica, o objetivo deste estudo é comparar as posições do COP das diferentes direções do SEBT no instante do toque, e avaliar a correlação entre os alcances obtidos no SEBT e as distâncias do COP aos limites da base de suporte.

Materiais e métodos

Procedimentos éticos

O estudo foi realizado no Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria, no Centro de Educação Física e Desportos (CEFD). Este estudo foi registrado no gabinete de projetos (GAP) do CEFD da Universidade Federal de Santa Maria (nº 041327), e sua execução foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFSM, CAAE 51543815.7.0000.5346. Todos os processos de pesquisa seguiram os princípios éticos da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, garantindo aos participantes, dentre outros direitos, a privacidade e a confidencialidade das informações, através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Desenho e população

Este estudo caracteriza-se como transversal, descritivo e correlacional. Foram incluídos indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade entre 20 e 30 anos, que obtiveram pelo menos 7,5 no escore total no questionário de Atividade Física Habitual (11). Foram excluídos aqueles indivíduos que apresentaram dor no momento da coleta, que obtiveram resultado inferior a 72 na Escala Funcional da Extremidade Inferior (12) ou que possuíam Índice de Massa Corporal (IMC) menor de 18,5 kg/m² ou maior de 29,9 kg/m². Também foram excluídos aqueles que tinham história de cirurgia traumato-ortopédica, bem como aqueles que possuíam o diagnóstico de alguma doença ou realizavam uso de medicamento que interferisse na realização das avaliações.

A amostra foi do tipo não probabilística acidental (13). Para definição do tamanho da amostra foi utilizado o software GPower 3.1, usando de dados coletados em um estudo piloto com 6 indivíduos, 3 homens, que respeitaram os mesmos critérios de seleção da amostra deste estudo. Baseando-se nos dados obtidos na correlação entre o deslocamento anterior do SEBT com a distância entre o COP e o limite anterior da base de suporte foi determinado um tamanho do efeito de 0,6409. Por fim, através do modelo de ponto bi seriado, com alfa de 5% e power de 80% foi determinado que a amostra deveria ter pelo menos 14 sujeitos, porém considerando-se uma possível perda amostral foram recrutados 16 indivíduos.

Coleta de dados

Os procedimentos foram realizados em etapas: a entrevista; a avaliação antropométrica e demarcação dos pontos para cinemetria; e realização SEBT sobre uma plataforma de força

sincronizada com a avaliação cinemática.

A entrevista foi dividida em três partes, sendo a primeira composta por questionamentos sobre dados de identificação e caracterização dos indivíduos. A seguir, foi aplicado o questionário de Atividade Física Habitual (11). Por fim, foi realizada a avaliação de funcionalidade dos membros inferiores através da Escala Funcional da Extremidade Inferior (12). Estes instrumentos serviram, basicamente, para coletar informações sobre os critérios de inclusão, exclusão e caracterização geral da amostra. As pontuações dos escores dos questionários de Atividade Física Habitual e da Escala Funcional da Extremidade Inferior foram calculadas conforme indicado por Florindo (11) e Metsavath (12), respectivamente.

A avaliação da massa e da estatura foi realizada através de uma balança digital com estadiômetro Welmy, com resolução de 0,1 kg e 0,5 cm respectivamente, e foram mensuradas conforme Carnaval (14). Já o IMC foi calculado através da divisão da massa do indivíduo por sua estatura elevada ao quadrado. Também foi verificado o comprimento dos membros inferiores, desde a espinha ilíaca anterossuperior até o maléolo medial, e o comprimento do pé, desde o limite anterior do hálux até o limite posterior do calcâneo, com a utilização de uma trena inextensível. Ainda, foram medidas as larguras do tornozelo e joelho, com auxílio de um paquímetro. A demarcação seguiu o modelo *PluginGait* modificado, 16 marcadores do próprio modelo acrescidos de 2 pontos extras sobre os maléolos mediais e outros 2 sobre os hálux, permitindo a delimitação da base de suporte. Esta foi definida pelos marcadores colocados no hálux, maléolo lateral, maléolo medial, e calcanhar. Os limites da base de suporte foram definidos através da ligação dos marcadores supra citados em linhas retas formando os limites anterior, lateral, medial, posterolateral e posteromedial da base de apoio como descrito por Schloemer (15) e esquematizado na Figura 1.

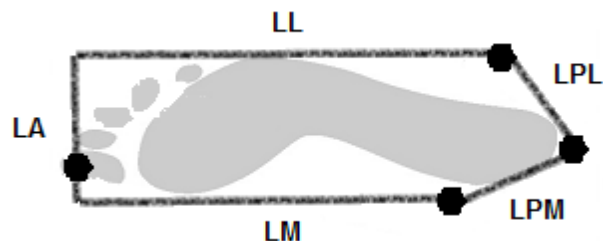


Figura 1 – Nomenclatura dos limites da base de suporte do pé direito.

Limite anterior (LA); Limite medial (LM); Limite lateral (LL); Limite posteromedial (LPM); Limite posterolateral (LPL)

O SEBT foi realizado como descrito por Plisky (4), diferindo apenas que o calcâneo

do pé de apoio foi posicionado na intersecção das linhas do teste para todas as direções (anterior, posterolateral e posteromedial), de tal forma que o pé ficasse posicionado paralelamente a um dos eixos de referência do sistema de cinemática. No SEBT as direções e sentidos para o deslocamento do membro inferior são definidas por 3 linhas que iniciam-se em um mesmo ponto formando 3 ângulos, 135° entre a linha anterior com as posteriores e 90° entre as retas posteriores (4, 16), e cada uma dessas é nomeada a partir de sua posição em relação ao pé em contato com o solo (1, 4), conforme a Figura 2. As linhas foram demarcadas com a utilização de um banner preso ao solo, que continha a impressão das linhas com a angulação determinada pelo teste, posicionado sobre uma plataforma de força. O movimento do teste consistiu na manutenção do apoio unipodal enquanto o membro inferior contralateral alcançava a maior distância possível sobre as linhas, concomitante à manutenção das mãos sobre a cintura pélvica. Assim que o indivíduo julgasse ser sua distância limite, ele realizava um leve toque sobre o banner e o deslocamento obtido foi medido e registrado pelo avaliador. Caso o pé de apoio movesse ou a descarga de peso no pé que se moveu fosse muito grande, a tentativa era interrompida e reiniciada. Cada distância individual do SEBT foi normalizada pelo comprimento do membro inferior, já a pontuação geral do SEBT foi calculada dividindo-se a soma das distâncias máximas alcançadas, em centímetros, nas três direções pelo comprimento real do membro inferior avaliado, e, por fim, multiplicado por três (17).

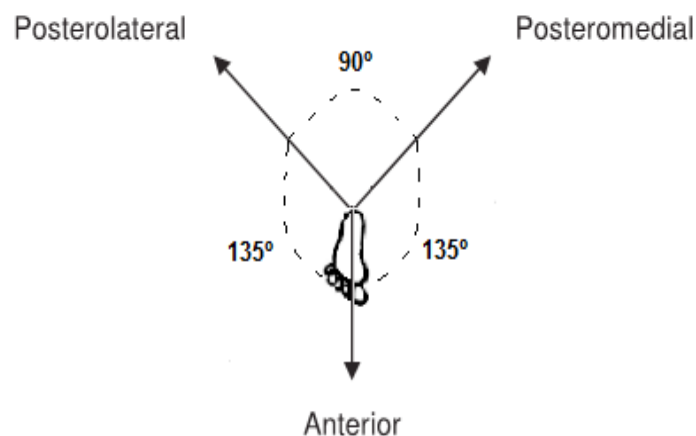


Figura 2 – Nomenclatura e angulação das retas de referência com o pé direito apoiado

A avaliação do SEBT aconteceu concomitantemente à aquisição de dados pela plataforma de força e análise cinemática. Foram realizadas 4 tentativas em cada direção antes de iniciar a coleta, a fim de se minimizar o efeito aprendizagem, além de mais 3 tentativas válidas para cada direção, repetindo-se para o membro contralateral totalizando 42 tentativas.

Após realizadas as tentativas de pré avaliação, foi randomizada a sequência das direções para a coleta das tentativas válidas. Este sorteio ocorreu através da retirada de cartões de dentro de um envelope não transparente. O envelope continha cartões com as direções do SEBT escritas e pela ordem que foram retirados do envelope foi feita a coleta do SEBT. Para minimizar o efeito da fadiga foi realizado um intervalo de 5 minutos entre as tentativas de pré avaliação e as tentativas válidas de cada membro. Além disso, se o participante desejasse ou aparentasse cansaço era dado mais 5 minutos de descanso na fase de troca de membro de apoio.

Uma plataforma de força AMTI OR6-6 2000 (*Advanced Mechanical Technologies, Inc.*) foi utilizada para a mensuração das variáveis do COP. A cinemetria foi realizada através de 6 câmeras do sistema VICON (modelo 624, Oxford, Reino Unido). A frequência de aquisição, tanto da plataforma de força como das câmeras foi de 200Hz.

Análise dos dados

O software VICON Nexus 1.8.5 foi utilizado para registro e processamento dos dados da plataforma de força e de cinemetria. Esses foram filtrados com filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem e frequência de corte de 10Hz, respeitando-se os critérios de resíduos de Winter. Ainda durante a fase de processamento foi definido, de maneira visual pelos marcadores do pé, o instante no qual iniciava a fase de toque ao solo. Os dados foram então exportados e tabulados através do software LibreOffice versão 4.3.1.2 para armazenamento.

Foram utilizadas para estatística, além das variáveis de caracterização, apenas os dados das tentativas de maior alcance para cada um dos membros e direções do SEBT. Dessas foi calculada a distância do COP aos limites da base de suporte no instante do toque (Figura 3). Foi definido como distância anterior (BSA) a distância entre o COP e o limite anterior da base de suporte, como distância medial (BSM) a distância entre o COP e o limite medial da base de suporte, como distância lateral (BSL) a distância entre o COP e o limite lateral da base de suporte, como distância posteromedial (BSPM) a distância entre o COP e o limite posteromedial da base de suporte, e por fim, como distância posterolateral (BSPL) como a distância ao limite posterolateral. Para a comparação da posição do COP entre as diferentes direções do SEBT foi utilizado a BSA e a BSM normalizadas pelo comprimento e largura do pé respectivamente. Para a análise correlacional com o desempenho na direção anterior do SEBT foi utilizado a BSA, com o desempenho na direção posteromedial do SEBT foram utilizadas a BSM e BSPM, e por fim, com o desempenho na direção posterolateral do SEBT foram utilizadas BSL e BSPL.

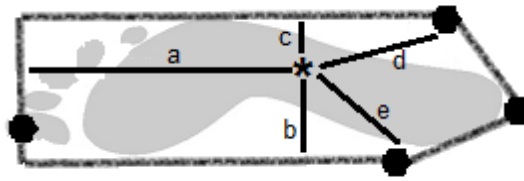


Figura 3 – Nomenclatura das distâncias entre o COP e os limites de base de suporte.

Centro de pressão (*); Distância anterior do COP ao limite anterior – BSA (a); Distância medial do COP ao limite medial – BSM (b); Distância lateral do COP ao limite lateral – BSL (c); Distância posteromedial do COP ao limite posterolateral – BSPL (d); Distância posteromedial do COP ao limite posteromedial – BSPM (e)

O processo de análise estatística foi realizado através do *Software SPSS 14.0 (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, Estados Unidos)*. Inicialmente foram realizadas análises exploratórias univariadas das variáveis, bem como a estatística descritiva, montando assim um perfil da amostra. A distribuição dos dados foi avaliada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para a comparação da posição do COP entre as direções foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis seguido do post-hoc de Bonferroni. Para as correlações foi utilizado o teste de correlação de Pearson para a correlação de variáveis paramétricas e teste de correlação de Spearman para as não paramétricas. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

Resultados:

Participaram do estudo 16 indivíduos (8 homens), com idade 23,56 anos ($\pm 3,03$) e IMC 24,48 kg/m² ($\pm 3,7$).

No instante do toque na direção anterior do SEBT o COP foi mais próximo do limite anterior da base de suporte, 24,81% ($\pm 4,69$), do que para a direção posteromedial 51,14% (± 8) e posterolateral 49,28% ($\pm 7,69$), Bonferroni $p < 0,001$. Em relação à lateralidade, o COP da direção anterior do SEBT, 66,44% ($\pm 6,53$), foi mais lateral do que o COP na direção posteromedial 59,13% ($\pm 6,51$), porém não diferiu do COP da direção posterolateral, Bonferroni $p = 0,037$ e $p = 0,859$ respectivamente (figura 4).

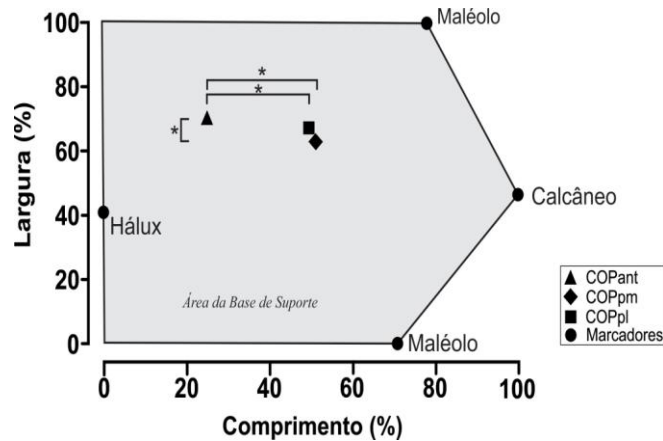


Figura 4 – Localização do COP no instante do toque para cada direção do SEBT em uma representação esquemática do pé direito.

* post-hoc de bonferroni $p < 0,05$; COPant Posição média do COP no toque na direção anterior; COPpm Posição média do COP no toque na direção posteromedial; COPpl Posição média do COP no toque na direção posterolateral.

Para a direção anterior do SEBT foi encontrada correlação moderada e negativa entre o alcance obtido e a BSA ($p=0,020$ $r=-0,411$), indicando que quanto maior o alcance obtido na direção anterior do SEBT menor foi a distância do COP ao LA da base de suporte. Já para a direção posteromedial não foi observada correlação do alcance obtido no teste com a BSM e a BSPM, $p=0,559$ ($r=0,071$) e $p=0,600$ ($r=0,096$) respectivamente. Por fim, para a direção posterolateral não foi encontrada correlação entre o alcance obtido no teste com a BSL e a BSPL, $p=0,086$ ($r=-0,142$) e $p=0,692$ ($r=0,308$) respectivamente.

Discussão:

Os resultados demonstram que, no instante do toque no solo, o COP se localiza mais anteriorizado para a direção anterior do SEBT do que para as outras, indicando assim que neste movimento os indivíduos permitiram uma proximidade maior do COP com o LA da base de suporte na tentativa de conseguir maiores alcances nesta direção do teste. Além disso, os resultados também apontam que quanto mais próximo do LA da base de suporte, maior foi o alcance na direção anterior, indicando que aqueles indivíduos que conseguiram controlar seus movimentos de modo que o COP permanecesse mais próximo do LA da base de suporte, também foram aqueles que tiveram maiores alcances para direção anterior do SEBT.

O controle postural resulta da integração dos sistemas sensorial, nervoso e motor (10,

17, 18, 19) para a manutenção da posição do centro de massa. Quando o corpo se movimenta é necessária a existência de forças para a manutenção das posições da projeção do centro de massa dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (10, 17, 18, 19). O sistema sensorial percebe os movimentos, desencadeia um processo de aferência para o sistema nervoso central, que processa as informações e produz sinais eferentes para o sistema motor, gerando assim contrações musculares que produzem torques articulares. Por sua vez, partes desses são transmitidas para o solo, proporcionando o controle postural (9). O ponto de aplicação da resultante das forças verticais originadas destes torques, o COP (19), é então uma resposta neuromuscular à posição e ao deslocamento do centro de massa do indivíduo (8, 19). Assim, pode-se concluir que a direção anterior do SEBT exige que os indivíduos realizem a anteriorização do corpo de maneira controlada, para tal, devem ter a capacidade de aproximar o COP do LA da base de suporte. O risco de lesão de membro inferior é maior quando esta capacidade está comprometida, uma vez que aqueles indivíduos que apresentaram diferença entre membros de pelo menos 4 cm nesta direção possuíam maior risco de lesão (PLISKY et al., 2006).

Para as direções posteromedial e posterolateral, no momento do toque no solo os COP se posicionaram em pontos próximos em relação ao comprimento e largura do pé. Isto indica que para estas direções os sujeitos instintivamente permitiram uma posição mais posterior do COP em relação à direção anterior do teste, na tentativa de conseguir melhor desempenho. Porém, como mencionado anteriormente, não foi observada diferença em relação à lateralidade entre estas direções posteriores, indicando que independentemente da realização de movimentos distintos, as compensações corporais ocorreram para fins semelhantes em relação à posição do COP.

A execução adequada do teste para cada uma das direções exige a combinação de movimentos tridimensionais específicos, que por sua vez alteram as ações musculares predominantes de acordo com a direção do movimento. Ou seja, cada um dos movimentos exige a coordenação de ações musculares específicas para sua execução (1, 7). Através de uma análise de diagrama de corpo livre é possível observar uma exigência dos músculos extensores de joelho para a direção anterior. Ainda nesta análise, pode-se concluir que existe uma exigência dos músculos extensores do membro inferior para as direções posteriores (7). Outro fator importante é a amplitude de dorsiflexão do tornozelo, uma vez que o deslocamento na direção anterior do SEBT possui correlação positiva com o resultado do Lunge test (20), e as amplitudes de movimento obtidas no plano sagital pelo quadril e joelho

são 78% da variância na direção anterior e em contrapartida a amplitude do quadril parece explicar 88% da excursão pósteromedial e 95% da posterolateral (21).

É provável que estas diferenças de estratégia de controle sejam a chave para se entender as especificidades de cada direção do SEBT. Este conhecimento parece ser fundamental para se compreender os diferentes resultados encontrados para predição de lesões em esportes distintos, pois para o basquete a direção anterior do SEBT parece ser a mais importante (4), já para o futebol a direção posteromedial se destaca como preditora (3).

Por fim, surgem sugestões para pesquisas futuras, pois este trabalho analisou basicamente o instante do toque. Talvez uma análise ao decorrer das excursões explique melhor o processo das compensações corporais para manutenção do controle durante a realização do teste. Ainda, este estudo foi feito com sujeitos saudáveis e talvez populações com lesões de membros inferiores apresentem padrões diferentes de controle do COP em relação à base de suporte durante a realização do SEBT.

Conclusão

Os resultados do presente estudo apontam que a posição do COP no momento do toque difere entre a direção anterior para as demais direções do SEBT e o desempenho nesta direção está correlacionado com a proximidade do COP ao limite anterior da base de suporte. Pode-se concluir também que não existe diferença na posição do COP entre as direções posteromedial e posterolateral, no instante do toque.

Referências

- 1) Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train*. 2012;47:339-356.
- 2) Gribble PA. The Star Excursion Balance Test as a measurement tool. *Athletic Therapy Today*. 2003;8:46-47.
- 3) Gonnell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y balance test and soft tissue injury incidence in a soccer team. *Int J Sports Phys Ther*. 2015;10:955-966.

- 4) Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2006;36:911-919.
- 5) Tano SS, Fernandes KBP, Pires-Oliveira DAA, Gil AWO, Oliveira RF. Effects of cold water immersion on variables of balance in healthy subjects with open and closed eyes. *Fisioter. Mov.* 2015;28:467-475.
- 6) Amim DJ, Herrington LC. The relationship between ankle joint physiological characteristics and balance during unilateral stance. *Gait Posture.* 2014;39:718-722.
- 7) Earl JE, Hertel J. Lower-extremity muscle activation during the Star Excursion Balance Tests. *J Sport Rehabil.* 2001;10: 93–104.
- 8) Mochizuki L, Amadio AC. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* 2003;3:77–83.
- 9) Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3:193-214.
- 10) Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J. Sport Rehabil.* 2002;1:51-66.
- 11) Florindo AA, Latorre MRDO. Validação do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte.* 2003;9:121-8.
- 12) Matsavath L, Leporace G, Riberto M, Sposito MMM, Castillo LNC, Oliveira LP, Batista L.A. Translation and Cross-cultural Adaptation of the Lower Extremity Functional Scale Into a Brazilian Portuguese Version and Validation on Patients With Knee Injuries. *Journal orthopaedic e sports physical therapy.* 2012;42:932-939.
- 13) Rudio FV. Introdução ao projeto de pesquisa científica. 22. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.
- 14) Carnaval PE. Medidas e avaliação em ciências do esporte. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- 15) Schloemer et al. (2013). Schloemer S, Cotter J, Jaminson S, Chaudhari A. Time-to-contact demonstrates modulation of postural control during a dynamic lower extremity task. *Gait Posture.* 2013;38: 658-662.
- 16) Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med.* 2008;27:353–370.

17) Rabello LM, Macedo CSG, Fregueto JH, Camargo MZ, Lopes LD, Sshigaki L, Gobbi C, Gil AW, Kamuza C, Silva RA. Relação entre testes funcionais e plataforma de força nas medidas de equilíbrio em atletas. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2014;.20:219-222.

18) Hasson CJ, Van Emmerik REA, Caldwell GE. Predicting dynamic postural instability using center of mass time-to-contact information. *Journal of Biomechanics.* 2008;41:2121–2129.

19) Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14:183-92.

20) Hoch MC, Staton GS, McKeon PO. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport.* 2011;14:90-92.

21) Robinson RH, Gribble PA. Support for a reduction in the number of trials needed for the Star Excursion Balance Test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2008;89:,364–370.

3 ARTIGO 2

Momentos articulares de membros inferiores na realização do Star Excursion Balance Test

Joint moments of the lower limbs in the Star Excursion Balance Test

Resumo

Introdução: O Star Excursion Balance Test (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural. A interpretação de seus resultados depende da compreensão das especificidades motoras exigidas e dos mecanismos de compensação em cada direção do teste. **Objetivo:** Descrever as contribuições relativas (CRs), no plano sagital, das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante a realização do SEBT. **Materiais e Métodos:** Participaram do estudo 15 indivíduos saudáveis, com idade entre 20 e 30 anos, praticantes de atividade física e sem disfunções de membros inferiores. As mensurações ocorreram através da realização do SEBT sobre uma plataforma de força e simultaneamente à análise cinemática. A distribuição dos dados foi avaliada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para a comparação das CRs entre as articulações foi utilizado a ANOVA de uma via para amostras independentes, seguido do post-hoc de Bonferroni. **Resultados:** A direção anterior do SEBT parece exigir maior momento extensor das articulações do joelho e tornozelo do que do quadril. Já a direção posteromedial parece exigir maior momento extensor da articulação do joelho, seguido do quadril. Por fim, a direção posterolateral parece exigir maior momento extensor das articulações do quadril e joelho do que do tornozelo. **Conclusão:** As exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural são diferentes entre as direções do SEBT.

Palavras-chave: Equilíbrio Postural; Propriocepção; Voluntários saudáveis; Fisioterapia

Abstract

Introduction: The Star Excursion Balance Test (SEBT) is a clinical test that aims to evaluate postural control. The interpretation of its results depends on the understanding of the required motor specificities and the compensation mechanisms in each direction of the test. **Objective:** To describe relative loads (CRs) in the sagittal plane of the hip, knee and ankle joints during the SEBT. **Materials and Methods:** Fifteen healthy subjects participated in the study, 20 to 30 years of age, practitioners of physical activity and without lower limb dysfunctions. Measurements were made by performing the SEBT on the force platform and simultaneously the kinematic analysis. Data distribution was assessed using the Shapiro-Wilk normality test. For the comparison of CRs between the joints, one-way ANOVA for independent samples was used, followed by Bonferroni post hoc. **Results:** The anterior direction of the SEBT seems to require a greater extensor moment of the knee and ankle joints than of the hip. The postero-medial direction seems to require a greater extensor moment of the knee joint, followed by the hip. And finally, the postero-lateral direction seems to require a greater extensor moment of the hip and knee joints than of the ankle. **Conclusion:** The requirements of the compensation mechanisms for postural control are different between the directions of the SEBT.

Key Words: Postural Balance; Proprioception; Healthy Volunteers; Physical Therapy Specialty

Introdução

O Star Excursion Balance Test (SEBT) é um teste clínico que busca avaliar o controle postural dinâmico (1). O método foi originalmente criado como um exercício, sendo considerado uma atividade baseada em agachamentos uni podais. Atualmente ele tem sido utilizado como uma ferramenta de diagnóstico para indicar a presença de condições patológicas, sucesso de intervenções e detectar potencial risco de lesões (2, 3, 4). A realização do teste desafia o indivíduo a deslocar um dos membros inferiores em direções definidas, tocando no solo levemente o mais longe possível do membro apoiado, sem mover o pé de apoio em momento algum (2). Quanto maiores os alcances obtidos no teste, melhor é o controle postural dinâmico (1).

A execução adequada de cada uma das direções do SEBT exige a combinação de movimentos tridimensionais específicos, que por sua vez modificam as ações musculares predominantes de acordo com a direção do movimento. Sendo assim, cada um dos movimentos exige a coordenação de ações musculares específicas para sua execução e manutenção do controle postural (1, 5).

O controle postural resulta da integração dos sistemas sensorial, nervoso e motor (6, 7, 8, 9). Quando o corpo se movimenta é necessária a produção de forças para a manutenção das posições da projeção do centro de massa dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (6, 7, 8, 9). O sistema sensorial percebe os movimentos, desencadeia um processo de aferência para o sistema nervoso central, que processa as informações e produz sinais eferentes para o sistema motor, gerando assim contrações musculares que produzem torques articulares (10). Um modo de apresentar estes torques é através da contribuição relativa (CR) das articulações, que demonstra percentualmente o quanto cada articulação contribui para o movimento em relação ao torque total.

Considerando que as exigências motoras são diferentes entre as direções do SEBT, este estudo possui como objetivo a descrição das CRs, no plano sagital durante a realização do SEBT, das articulações do quadril, joelho e tornozelo.

Materiais e métodos

Procedimentos éticos

O estudo foi realizado no Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de

Santa Maria, no Centro de Educação Física e Desportos (CEFD). Este estudo foi registrado no gabinete de projetos (GAP) do CEFD da Universidade Federal de Santa Maria (nº 041327), e sua execução foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFSM, CAAE 51543815.7.0000.5346. Todos os processos de pesquisa seguiram os princípios éticos da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde, garantindo aos participantes, dentre outros direitos, a privacidade e a confidencialidade das informações, através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Desenho e população

Este estudo caracteriza-se como transversal e descritivo. Foram incluídos indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com idade entre 20 e 30 anos, que obtiveram pelo menos 7,5 no escore total no questionário de Atividade Física Habitual (11). Foram excluídos aqueles indivíduos que apresentaram dor no momento da coleta, que obtiveram resultado inferior a 72 na Escala Funcional da Extremidade Inferior (12) ou que possuíam Índice de Massa Corporal (IMC) menor de 18,5 kg/m² ou maior de 29,9 kg/m². Também foram excluídos aqueles que tinham história de cirurgia traumato-ortopédica, bem como aqueles que possuíam o diagnóstico de alguma doença ou realizavam uso de medicamento que interferisse na realização das avaliações.

A amostra foi do tipo não probabilística acidental (13). Para definição do tamanho da amostra foi utilizado o software GPower 3.1, usando de dados coletados em um estudo piloto com 6 indivíduos, 3 homens, que respeitaram os mesmos critérios de seleção da amostra deste estudo. Baseando-se nos dados obtidos na comparação dos momentos articulares, no plano sagital, das articulações do quadril, joelho e tornozelo no instante do toque no deslocamento anterior do SEBT foi determinado um tamanho do efeito de 1,605. Por fim, através do modelo ANOVA: Fixed effects, omnibus, one-way, com alfa de 5% e power de 95% foi determinado que a amostra deveria ter pelo menos 12 sujeitos, porém considerando-se uma possível perda amostral o número final de participantes foi de 15 indivíduos.

Coleta de dados

Os procedimentos foram realizados em etapas: a entrevista; a avaliação antropométrica e demarcação dos pontos para cinemetria; e realização SEBT sobre uma plataforma de força sincronizada com a avaliação cinemática.

A entrevista foi dividida em três partes, sendo a primeira foi composta por questionamentos sobre dados de identificação e caracterização dos indivíduos. A seguir, foi

aplicado o questionário de Atividade Física Habitual (11). Por fim, foi realizada a avaliação de funcionalidade dos membros inferiores através da Escala Funcional da Extremidade Inferior (12). Estes instrumentos serviram, basicamente, para arrecadar informações sobre os critérios de inclusão, exclusão e caracterização geral da amostra. As pontuações dos escores dos questionários de Atividade Física Habitual e da Escala Funcional da Extremidade Inferior foram calculadas conforme indicado por Florindo (11), e Metsavath (12), respectivamente.

A avaliação antropométrica da massa e da estatura foi realizada através de uma balança digital com estadiômetro Welmy, com resolução de 0,1 kg e 0,5 cm respectivamente, e foram mensuradas conforme Carnaval (14). Já o IMC foi calculado através da divisão da massa do indivíduo por sua estatura elevada ao quadrado. Também foi verificado o comprimento dos membros inferiores, desde a espinha ílica anterossuperior até o maléolo medial, e o comprimento do pé, desde o limite anterior do hálux até o limite posterior do calcâneo, com a utilização de uma trena inextensível. Ainda, foram medidas as larguras do tornozelo e joelho, com auxílio de um paquímetro. A demarcação seguiu o modelo PluginGait, que utiliza pontos nas espinhas ílicas anterossuperiores, nas espinhas ílicas posterossuperiores, nas coxas, nos joelhos, nas pernas, nos maléolos laterais, nos calcâneos e nas cabeças dos ossos metatarsais do segundo dedo, totalizando assim 16 marcadores.

O SEBT foi realizado como descrito por Plisky (4), diferindo apenas que o calcâneo do pé de apoio foi posicionado na intersecção das linhas do teste para todas as direções (anterior, posterolateral e posteromedial). No SEBT as direções e sentidos para o deslocamento do membro inferior são definidas por 3 linhas que iniciam-se em um mesmo ponto formando 3 ângulos, 135° entre a linha anterior com as posteriores e 90° entre as retas posteriores (4, 15), e cada uma dessas é nomeada a partir de sua posição em relação ao pé em contato com o solo (1), conforme a Figura 1. As linhas foram demarcadas com a utilização de um banner preso ao solo, que continha a impressão das linhas com a angulação determinada pelo teste, posicionado sobre uma plataforma de força. O movimento do teste consistiu na manutenção do apoio unipodal enquanto o membro inferior contralateral alcançava a maior distância possível sobre as linhas, concomitante à manutenção das mãos sobre a cintura pélvica. Assim que o indivíduo julgasse ser sua distância limite, ele realizava um leve toque sobre o banner e o deslocamento obtido foi medido e registrado pelo avaliador. Caso o pé de apoio movesse ou a descarga de peso no pé que se moveu fosse muito grande, a tentativa era interrompida e reiniciada. Cada distância individual do SEBT foi normalizada pelo comprimento do membro inferior, já a pontuação geral do SEBT foi calculada dividindo-se a soma das distâncias máximas alcançadas, em centímetros, nas três direções pelo comprimento

real do membro inferior avaliado, e, por fim, multiplicado por três (9).

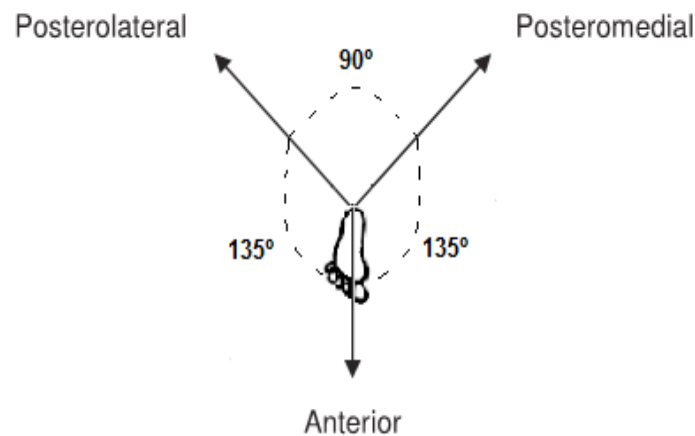


Figura 1 – Nomenclatura e angulação das retas de referência com o pé direito apoiado

A avaliação do SEBT aconteceu concomitantemente à aquisição de dados pela plataforma de força e análise cinemática. Foram realizadas 4 tentativas em cada direção antes de iniciar a coleta, a fim de se minimizar o efeito aprendizagem, além de mais 3 tentativas válidas para cada direção, repetindo-se para o membro contralateral totalizando 42 tentativas. Após realizadas as tentativas de pré avaliação, foi randomizada a sequência das direções para a coleta das tentativas válidas. Este sorteio ocorreu através da retirada de cartões de dentro de um envelope não transparente. O envelope continha cartões com as direções do SEBT escritas e pela ordem que foram retirados do envelope foi feita a coleta do SEBT. Para minimizar o efeito da fadiga foi realizado um intervalo de 5 minutos entre as tentativas de pré avaliação e as tentativas válidas de cada membro. Além disso se o participante desejasse ou aparentasse cansaço era dado mais 5 minutos de descanso na fase de troca de membro de apoio.

Uma plataforma de força AMTI OR6-6 2000 (Advanced Mechanical Technologies, Inc.) foi utilizada para a mensuração das variáveis do COP. A cinemetria foi realizada através de 6 câmeras do sistema VICON (modelo 624, Oxford, Reino Unido). A frequência de aquisição, tanto da plataforma de força como das câmeras foi de 200Hz.

Análise dos dados

O software VICON Nexus 1.8.5 foi utilizado para registro e processamento dos dados da plataforma de força e de cinemetria. Os dados dos marcadores e da força de reação do solo foram utilizados para calcular a cinemática das articulações do quadril, joelho e tornozelo, bem como os momentos articulares internos. O método de análise de dinâmica inversa foi

utilizado para o cálculo dos momentos articulares internos, uma vez que a dinâmica inversa é um método de análise que permite avaliar de forma quantitativa e objetiva as forças e os momentos proximais resultantes de uma determinada articulação em diferentes atividades (16). Os dados dos marcadores e de força de reação no solo usados nos cálculos de dinâmica inversa foram filtrados, respeitando-se os critérios de resíduos de Winter, com filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem e frequência de corte de 10Hz. Por fim, os dados de momentos obtidos, normalizados pelas massas dos indivíduos, foram novamente filtrados com filtro passa baixa Butterworth de 4ª ordem e frequência de corte de 10Hz.

Foram definidas de maneira visual pelos marcadores do pé as fases de movimentação. A fase de ida do membro inferior (FIMI) foi delimitada como o período entre a saída do pé do solo até o frame que precedia o toque do pé no solo. Já a fase de toque no solo (FTS) foi definida como todo período em que o pé tocava o solo na posição mais distante do membro apoiado. Por fim, a fase de retorno do membro inferior (FRMI) foi estabelecida como o período entre o primeiro frame que o pé não tocava no solo até o seu contato inicial no retorno a base bipodal no centro da área do teste.

Foram processadas e organizadas para análise estatística, além das variáveis de caracterização, apenas os dados de momentos articulares do membro inferior em apoio das tentativas de maior alcance para cada direção do SEBT, sendo cada sujeito representado pela média dos membros. Como a duração de cada uma das fases variava entre as tentativas e indivíduos, cada fase do movimento do SEBT foi interpolada para 11 pontos, assim expressas em 10 intervalos de dados, através de uma rotina elaborada pelos pesquisadores no software MATLAB. Os dados foram então exportados e tabulados para armazenamento.

Os valores das CRs articulares foram obtidos através de uma análise percentual dos momentos articulares do quadril, joelho e tornozelo, em relação ao somatório absoluto desses. Sendo assim, a CR expressa percentualmente para cada uma das articulações o quanto do momento articular absoluto total elas estão submetidas.

Por fim, o processo de análise estatística foi realizado através do Software SPSS 14.0 (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, Estados Unidos). Inicialmente foram realizadas análises exploratórias univariadas das variáveis, bem como a estatística descritiva, montando assim um perfil da amostra. A distribuição dos dados foi avaliada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Para a comparação das CRs entre as articulações foi utilizado a ANOVA de uma via para amostras independentes, seguido do post-hoc de Bonferroni. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%. Os gráficos foram elaborados pelas médias de todos os indivíduos, e os valores positivos

representam CR para a extensão. A análise do post-hoc foi realizada para cada 10% de fase, quando esta apresentava significância estatística na ANOVA.

Resultados

Participaram do estudo 15 indivíduos (7 homens), com idade 23,67 anos ($\pm 3,11$) e IMC 24,39 kg/m² ($\pm 3,81$). Os dados de CR obtidos para as articulações do quadril, joelho e tornozelo para cada direção do SEBT estão apresentados na Figura 2.

Para o deslocamento na direção anterior do SEBT foi encontrado que o quadril possui CR menor que o joelho e o tornozelo durante toda FIMI e FTS, além dos 40% iniciais da FRMI. Além disso, durante praticamente todo este período, as CRs de joelho e tornozelo foram semelhantes.

Na direção posteromedial do SEBT foi encontrado que o joelho possui CR maior que as demais articulações a partir da metade da FIMI até os 20% iniciais da FRMI. Ainda, 10% antes até 20% após o fim da FTS o quadril apresentou maior CR que o joelho.

Por fim, para o deslocamento na direção posterolateral do SEBT foi encontrado que o tornozelo possui CR menor que as demais articulações durante a FTS e 10% iniciais da FRMI. Porém, ele apresenta maior CR nos 40% iniciais da FAMI e 60% finais da FRMI.

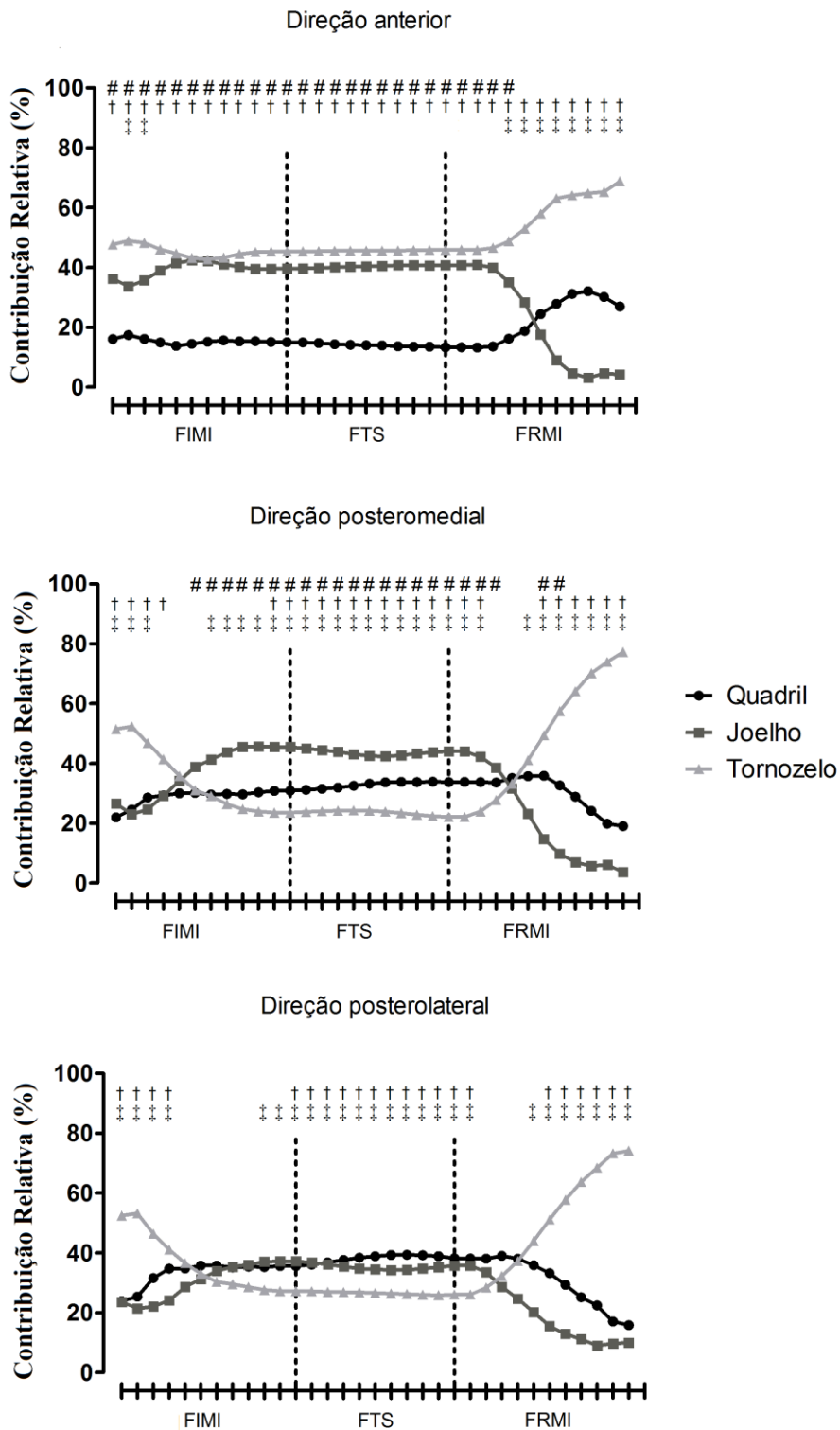


Figura 2 – Momentos articulares do quadril, joelho e tornozelo ao decorrer das direções do SEBT.

indica diferença entre as articulações do quadril e joelho; † indica diferença entre as articulações do quadril e tornozelo; ‡ indica diferença entre as articulações do joelho e tornozelo. Fase de ida do membro inferior – FIMI; Fase de toque no solo – FTS; Fase de retorno do membro inferior – FRMI.

Discussão

Durante a realização dos movimentos do SEBT é necessária a produção de momentos articulares para a manutenção das posições da projeção do centro de massa dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (6, 7, 8, 9). Conforme o deslocamento do membro inferior aumenta, mais desafiador fica o controle e a estabilização das articulações.

No deslocamento na direção anterior do teste é possível observar o tronco sendo geralmente posicionado posteriormente, na tentativa de se manter o equilíbrio. Assim, a ação da gravidade cria um momento flexor de joelho que deve ser controlado pelo quadríceps, especialmente pelos músculos Vasto medial oblíquo e Vasto lateral (5). Os resultados deste estudo confirmam esta teoria, e a complementam, pois a CR em extensão do joelho foi importante durante o movimento, mas juntamente da CR do tornozelo no sentido da flexão plantar. Isto pode ser relacionado com o fato das amplitudes obtidas no plano sagital pelo quadril e joelho explicarem 78% da variância do alcance obtido na direção anterior (17), indicando que nessa direção do SEBT a amplitude de movimento do joelho e do quadril são necessárias, mas especificamente o joelho é também mais exigido na produção de momento extensor.

Quando analisa-se as direções posteriores pode-se observar que o tronco anterioriza na tentativa de manter o equilíbrio, e assim, a ação da gravidade cria um momento flexor de quadril que deve ser compensado pela ação dos isquiotibiais, especialmente o músculo Bíceps femoral (5). Porém, os resultados deste estudo apontaram que, na direção posterolateral, a CR da articulação do quadril foi tão importante quanto a do joelho, e ambas maiores que a do tornozelo, o que associado ao fato da amplitude de movimento do quadril para flexão explicar 95% do alcance obtido na direção posterolateral (17), indica a importância do controle desta articulação para esta direção do teste. Também neste raciocínio, na direção posteromedial do SEBT, a CR do quadril foi menor que a do joelho, mas maior que a do tornozelo. Sabendo-se que a amplitude do quadril parece explicar 88% da excursão dessa direção, destaca-se a importância do controle desta articulação para as direções posteriores do SEBT.

O SEBT pode ser usado como um exercício baseado em agachamentos unipodais (1). Porém, dependendo da situação e objetivo, recomenda-se especificar uma direção considerando a atividade a ser priorizada. No caso do joelho a sua CR parece ser importante independente da direção do SEBT, porém se a prioridade for a articulação do quadril a direção posterolateral é a mais indicada e para o tornozelo a direção anterior.

Por fim, diferentes direções do SEBT parecem ser importantes para predição de lesões.

Para o basquete a direção anterior do SEBT parece ser a mais importante (4), indicando assim que nessa população o trabalho de estabilização deve priorizar o controle dos movimentos do joelho e tornozelo em situações em que estas articulações sejam exigidas na produção de momentos extensores. Já para o futebol, a direção posteromedial se destaca como preditora (5) indicando assim que deve-se dar atenção especial no desenvolvimento de estabilização do joelho em situações de momento extensor.

Por fim, surgem sugestões para pesquisas futuras, pois este trabalho analisou apenas sujeitos saudáveis, talvez populações com disfunções de membros inferiores apresentem CRs diferentes das mensuradas neste estudo. Além disso, a avaliação das CRs para os outros planos também pode contribuir para a compreensão das especificidades das direções do SEBT.

Conclusão

Os resultados do presente estudo apontam que as CRs das articulações do quadril, joelho e tornozelo são diferentes para cada direção do SEBT. Uma vez que, de maneira geral a articulação do joelho teve maior contribuição relativa, com destaque ao tornozelo na direção anterior do teste e quadril na direção posterolateral. Este fator é importante para a compreensão das exigências articulares envolvidas no teste e assim aumentar o poder de discernimento na interpretação dos seus resultados, ou na escolha das prioridades no trabalho de estabilização articular de membros inferiores.

Referências

- 1) Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. *J Athl Train.* 2012;47:339-356.
- 2) Gribble PA. The Star Excursion Balance Test as a measurement tool. *Athletic Therapy Today.* 2003;8:46-47.
- 3) Gonnell AC, Romero JAP, Soler LM. Relationship between the Y balance test and soft tissue injury incidence in a soccer team. *Int J Sports Phys Ther.* 2015;10:955-966.
- 4) Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2006;36:911-919.

- 5) Earl JE, Hertel J. Lower-extremity muscle activation during the Star Excursion Balance Tests. *J Sport Rehabil.* 2001;10: 93–104.
- 6) Palmieri RM, Ingersoll CD, Stone MB, Krause BA. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J. Sport Rehabil.* 2002;1:51-66.
- 7) Hasson CJ, Van Emmerik REA, Caldwell GE. Predicting dynamic postural instability using center of mass time-to-contact information. *Journal of Biomechanics.* 2008;41:2121–2129.
- 8) Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14:183-92.
- 9) Rabello LM, Macedo CSG, Fregueto JH, Camargo MZ, Lopes LD, Sshigaki L, Gobbi C, Gil AW, Kamuza C, Silva RA. Relação entre testes funcionais e plataforma de força nas medidas de equilíbrio em atletas. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 2014;.20:219-222.
- 10) Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3:193-214.
- 11) Florindo AA, Latorre MRDO. Validação do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte.* 2003;9:121-8.
- 12) Matsavath L, Leporace G, Riberto M, Sposito MMM, Castillo LNC, Oliveira LP, Batista L.A. Translation and Cross-cultural Adaptation of the Lower Extremity Functional Scale Into a Brazilian Portuguese Version and Validation on Patients With Knee Injuries. *Journal orthopaedic e sports physical therapy.* 2012;42:932-939.
- 13) Rudio FV. Introdução ao projeto de pesquisa científica. 22. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.
- 14) Carnaval PE. Medidas e avaliação em ciências do esporte. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.
- 15) Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med.* 2008;27:353–370.
- 16) Loss JF, Cervieri A, Soares D, Scarrone F, Zaro MA, Van Den Bogert AJ. Cálculo de forças e momentos articulares resultantes pelo método da dinâmica inversa. *Rev Bras Cienc Esporte.* 2002;23:93-104.
- 17) Robinson RH, Gribble PA. Support for a reduction in the number of trials needed for the Star Excursion Balance Test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 2008;89:;364–370.

4 DISCUSSÃO

A execução adequada de cada uma das direções do SEBT exige a combinação de movimentos tridimensionais específicos, que por sua vez alteram as ações musculares predominantes de acordo com a direção do movimento. Ou seja, cada um dos movimentos exige a coordenação de ações musculares específicas para sua execução (GRIBBLE et al., 2012; EARL e HERTEL 2001).

Através de uma análise de diagrama de corpo livre é possível concluir que existe uma exigência dos músculos extensores de joelho para a direção anterior. Ainda nesta análise, pode-se concluir que existe uma exigência dos músculos extensores do quadril para as direções posteriores (EARL e HERTEL 2001). Outro fator importante é a amplitude de dorsiflexão do tornozelo, uma vez que o deslocamento na direção anterior do SEBT possui correlação positiva com o resultado do Lunge test (HOCH et al., 2011). As amplitudes obtidas no plano sagital pelo quadril e joelho são 78% da variância na direção anterior, e em contrapartida a amplitude do quadril parece explicar 88% da excursão posteromedial e 95% da posterolateral (ROBINSON e GRIBBLE, 2008).

Possivelmente estas diferenças de estratégia de controle sejam a chave para compreendermos as especificidades de cada direção do SEBT. Este conhecimento parece ser fundamental para compreendermos os diferentes resultados encontrados para predição de lesões para esportes distintos, pois para o basquete a direção anterior do SEBT parece ser a mais importante (PLYNSKI et al 2006), já para o futebol a direção posteromedial se destaca como preditora (GONNEL et al 2015).

O controle postural resulta da integração dos sistemas nervoso e motor (PALMIERI et al 2002, RABELLO et al., 2014, HASSON et al., 2008, DUARTE e FREITAS, 2010) para a manutenção da posição do centro de massa. Quando o corpo se movimenta é necessária a existência de forças para a manutenção das posições da projeção do centro de massa dentro dos limites fisiológicos da base de suporte (PALMIERI et al 2002, RABELLO et al., 2014, HASSON et al., 2008, DUARTE e FREITAS, 2010). O sistema sensorial percebe os movimentos, desencadeia um processo de aferência para o sistema nervoso central, que processa as informações e produz sinais eferentes para o sistema motor, gerando assim contrações musculares que produzem torques articulares. Por sua vez, parte desses são transmitidos para o solo, proporcionando o controle postural (WINTER 1995). O ponto de aplicação da resultante das forças verticais originadas destes torques, o COP (DUARTE e

FREITAS, 2010), é então uma resposta neuromuscular à posição e ao deslocamento do centro de massa do indivíduo (MOCHIZUKI e AMADIO, 2003; DUARTE e FREITAS, 2010).

O resultado deste estudo indica que, no instante do toque no solo, o COP se localiza mais anteriorizado para direção anterior do SEBT do que para as outras. Assim, neste movimento, os indivíduos permitiram instintivamente uma proximidade maior do COP com o limite anterior da base de suporte na tentativa de conseguir maiores alcances nesta direção do teste. Além disso, os resultados também apontam que quanto mais próximo do limite anterior da base de suporte, maior foi o alcance na direção anterior, permitindo então que aqueles indivíduos que conseguiram controlar seus movimentos de modo que o COP permanecesse mais próximo do limite anterior da base de suporte, também foram aqueles que tiveram maiores alcances para direção anterior do SEBT.

Já para as direções posteromedial e posterolateral, no momento do toque no solo, os COP se posicionam em pontos próximos em relação ao comprimento e largura do pé, indicando que para estas direções os sujeitos instintivamente permitiram uma posição mais posterior do COP, em relação a direção anterior do teste, na tentativa de conseguir melhor desempenho. Porém, como mencionado anteriormente, não foi observada diferença em relação a lateralidade entre estas direções posteriores, indicando que independentemente da realização de movimentos distintos, as compensações corporais ocorreram para fins semelhantes em relação a posição do COP.

No deslocamento na direção anterior do teste é possível observar o tronco sendo posicionado posteriormente na tentativa de se manter o equilíbrio. Assim a ação da gravidade cria um momento flexor de joelho que deve ser controlado pelo quadríceps, especialmente pelos músculos Vasto medial oblíquo e Vasto lateral (EARL e HERTEL 2001). Os resultados deste estudo confirmam esta teoria, mas ainda a complementam, pois, a contribuição relativa em extensão do joelho foi importante durante o movimento, mas juntamente da contribuição relativa do tornozelo no sentido da dorsiflexão. O que pode-se relacionar com o fato das amplitudes obtidas no plano sagital pelo quadril e joelho explicarem 78% da variância do alcance obtido na direção anterior (GRIBBLE, 2008). Indicando assim, que na direção anterior do SEBT, a amplitude de movimento do joelho e do quadril são exigidas, mas especificamente o joelho é também mais exigido na produção de momento extensor.

Agora, quando analisa-se as direções posteriores pode-se observar que o tronco anterioriza na tentativa de manter o equilíbrio, e assim, a ação da gravidade cria um momento flexor de quadril que deve ser compensado pela ação dos isquiotibiais, especialmente o músculo Bíceps femoral (EARL e HERTEL 2001). Porém, os resultados deste estudo

apontaram que, na direção posterolateral, a contribuição relativa da articulação do quadril foi tão importante quanto a do joelho, mas ambas maiores que a do tornozelo. O que associado ao fato da amplitude de movimento do quadril para flexão explicar 95% do alcance obtido na direção posterolateral (GRIBBLE, 2008), indica que para esta direção ele é exigido em ação excêntrica. Também neste raciocínio, na direção posteromedial do SEBT, a contribuição relativa do quadril foi menor que a do joelho, mas maior que a do tornozelo, e sabendo-se que a amplitude do quadril parece explicar 88% da excursão dessa direção, também indica que para esta direção ele é exigido em ação excêntrica.

O SEBT pode ser usado como um exercício baseado em agachamentos unipodais (GRIBBLE et al., 2012), mas não necessariamente em todas as direções, pois dependendo da situação e do objetivo pode-se especificar uma para ser priorizada. No caso do joelho a sua contribuição relativa parece ser importante independente da direção do SEBT, porém se a prioridade for a articulação do quadril a direção posterolateral é a mais indicada e para o tornozelo a direção anterior.

Por fim, diferentes direções do SEBT parecem ser importantes para predição de lesões. Para o basquete a direção anterior do SEBT parece ser a mais importante (PLYNSKI et al 2006), indicando assim que nessa população o trabalho de estabilização deve priorizar o controle dos movimentos do joelho e tornozelo em situações em que estas articulações sejam exigidas na produção de momentos extensores. Já para o futebol, a direção postero-medial se destaca como preditora (GONNEL et al 2015) indicando assim que deve-se dar atenção especial no desenvolvimento de estabilização do joelho em situações de momento extensor.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que as exigências dos mecanismos de compensação para o controle postural são diferentes entre as direções do SEBT. Eles demonstram que a posição do COP no instante do toque difere entre a direção anterior para as demais direções do SEBT e o desempenho nesta direção está correlacionado com a proximidade do COP ao limite anterior da base de suporte. Pode-se concluir também que não existe diferença na posição do COP entre as direções posteromedial e posterolateral, no instante do toque.

Além disso, apontam que as cargas relativas das articulações do quadril, joelho e tornozelo são diferentes para cada direção do SEBT. Uma vez que, de maneira geral a articulação do joelho teve maior contribuição relativa, com destaque ao tornozelo na direção

anterior do teste e quadril na direção posterolateral. Este fator é importante para a compreensão das exigências articulares envolvidas no teste e assim aumentar o poder de discernimento na interpretação dos seus resultados, ou na escolha das prioridades no trabalho de estabilização articular de membros inferiores.

Por fim, surgem sugestões para pesquisas futuras, pois este trabalho analisou apenas sujeitos saudáveis, talvez populações com disfunções de membros inferiores apresentem mecanismos de compensação para o controle postural diferentes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADIO, A.C.; COSTA, P.H.L.; SACCO, I.C.N.; SERRÃO, J.C.; ARAUJO, R.C.; MOCHIZUKI, L.; DUARTE, M. Introdução à análise do movimento humano - descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição. *Rev. Bras. Fisiot.* v.3, n.2, p. 41-54, 1999.

BROWNE, J. ,O'HAREN. A quality control procedure for force platforms. *Physiol. Meas.* v. 21, p. 515-524, 2000.

CARNAVAL, P. E. Medidas e avaliação em ciências do esporte. Rio de Janeiro: Sprint, 2000.

DUARTE, M.; FREITAS, S.M.S.F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* v.14, n.3, p. 183-92, 2010.

EARL, J.E.; HERTEL J. Lower-extremity muscle activation during the Star Excursion Balance Tests. *J Sport Rehabil.* v. 10, n 2, p. 93–104, (2001).

FLORINDO, A.A.; LATORRE, M.R.D.O. Validação do questionário de Baecke de avaliação da atividade física habitual em homens adultos. *Rev Bras Med Esporte*, v. 9, p.121-8, 2003.

GOLDIE, P.A.; BACH, T.M.; ,EVANS, O.M. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* v.70, p. 510-515, 1989.

GRIBBLE, P.A.; HERTEL, J.; PLISKY, P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training.* v.47, n.3, p 339–357, 2012.

GRIBBLE, P.A.; ROBINSON, R.H.; HERTEL, J.; DENEGAR, C.R. The effects of gender and fatigue on dynamic postural-control. *J Sport Rehabil.* v. 18, n 2, p. 240–257,(2009).

GRIBBLE, P.A. The Star Excursion Balance Test as a measurement tool. *Athl. Ther. Today.* v.8, n.2, p. 46–47, 2003.

HASSON, C.J.; VAN EMMERIK, R.E.A.; CALDWELL, G.E. Predicting dynamic

postural instability using center of mass time-to-contact information. *Journal of Biomechanics*. v. 41, p. 2121–2129, 2008.

HERTEL, J.; MILLER, S.J.; DENEGAR, C.R. Intratester and intertester reliability during the Star Excursion Balance Test. *J. Sport Rehabil.* v.9, n.2, p.104–116, 2000.

HERTEL, J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med.* v.27, n.3, p. 353–370, 2008.

HOCH, M.C.; STATON, G.S.; McKEON, P.O.GS. Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *J Sci Med Sport.* v. 14, n 1, p. 90–92, (2011).

HOF, A.L.; GAZENDAM, M.G.J.; SINKE, W.E. The condition for dynamic stability. *Journal of Biomechanics.* v.38, p. 1–8, (2005).

HOF, A.L. The equations of motion for a standing human reveal three mechanisms for balance. *Journal of Biomechanics.* v.40, p. 451–457, 2007.

MATSAVATH, L.; LEPORACE, G.; RIBERTO, M.; SPOSITO, M.M.M.; CASTILLO, L.N.C.; OLIVEIRA, L.P.; BATISTA, L.A. Translation and Cross-cultural Adaptation of the Lower Extremity Functional Scale Into a Brazilian Portuguese Version and Validation on Patients With Knee Injuries. *Journal os orthopaedic e sports physical therapy.* v.42, n 11, p. 932-939, 2012.

MOCHIZUKI, L.; AMADIO, A.C. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de pressão. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto.* v.3, n.3, p. 77–83, 2003.

MUNRO, A.G.; HeERRINGTON, L.C. Between-session reliability of the star excursion balance test. *Phys. Ther. Sport.* v.11, n.4, p. 128–132, 2010.

NAKAGAWA, L.; HOFFMAN, M. Performance in static, dynamic, and clinical tests of postural-control in individuals with recurrent ankle sprains. *J Sport Rehabil.* v. 13, n 3, p. 55–268 (2004).

PAI, Y. C.; PATTON, J. Center of mass velocity-position predictions for balance control. *J. Biomechanics.* v.30, n.4, p. 347-354, 1997.

PALMIERI, R.M.; INGERSOLL, C.D.; STONE, M.B.; KRAUSE, B.A. Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *J. Sport Rehabil.* v.1, p. 51-66, 2002.

PLISKY, P.J.; RAUH, M.J.; KAMINSKI, T.W.; UNDERWOOD, F.B. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* v.36, n.12, p. 911-919, 2006.

RABELLO, L.M.; MACEDO, C.S.G; FREGUETO, J.H.; CAMARGO, M.Z.; LOPES, L.D.; SHIGAKI, L.; GOBBI, C.; GIL, A.W.; KAMUZA, C.; SILVA, R.A. Relação entre testes funcionais e plataforma de força nas medidas de equilíbrio em atletas. *Rev. Bras. Med. Esporte.* v.20, n.3, p. 219-222, 2014.

ROBINSON, R.H.; GRIBBLE, P.A. Support for a reduction in the number of trials

needed for the Star Excursion Balance Test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* v.89, n.2, p.364–370, 2008.

RODGERS, M.; CAVANAGH, P. Glossary of biomechanical terms, concepts and units. *Physical Therapy.* v.64, n.12, p. 1886-1902, 1984.

RUDIO, Franz V. *Introdução ao projeto de pesquisa científica.* 22. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

SCHLOEMER, S.; COTTER, J.; JAMISON, S.; CHAUDHARI, A. Time-to-contact demonstrates modulation of postural control during a dynamic lower extremity task. *Gait and Posture.* v.38, p. 658-662, 2013.

THOMAS, J. R.; NELSON J. K. *Métodos de pesquisa em atividades físicas.* 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

WINTER, D.A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture,* v.3, p. 193-214, 1995.

Anexo A – Questionário de atividade física habitual

Por favor, circule a resposta apropriada para cada questão:

Nos últimos 12 meses:

- 1) Qual tem sido sua principal ocupação?

- 2) No trabalho eu sento:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre
- 3) No trabalho eu fico em pé:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre
- 4) No trabalho eu ando:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre
- 5) No trabalho eu carrego carga pesada:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / sempre
- 6) Após o trabalho eu estou cansado:
muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca
- 7) No trabalho eu suo:
muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca
- 8) Em comparação com outros da minha idade eu penso que meu trabalho é fisicamente:
muito mais pesado/ mais pesado / tão pesado quanto / mais leve / muito mais leve

- 9) Você pratica ou praticou esporte ou exercício físico nos últimos 12 meses:
sim / não
Qual esporte ou exercício físico você pratica ou praticou mais
freqüentemente?
-
- quantas horas por semana?
-
- quantos meses por ano?
-
- Se você faz um vez segundo esporte ou exercício físico, qual o tipo?:
-
- quantas horas por semana?
-
- quantos meses por ano?
-
- 10) Em comparação com outros da minha idade eu penso que minha atividade física durante as horas de lazer é:
muito maior / maior / a mesma / menor / muito menor
- 11) Durante as horas de lazer eu sou:
muito freqüentemente / freqüentemente / algumas vezes / raramente / nunca
- 12) Durante as horas de lazer eu pratico esporte ou exercício físico:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente
- 13) Durante as horas de lazer eu vejo televisão:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente
- 14) Durante as horas de lazer eu ando:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente
- 15) Durante as horas de lazer eu ando de bicicleta:
nunca / raramente / algumas vezes / freqüentemente / muito freqüentemente
- 16) Durante quantos minutos por dia você anda a pé ou de bicicleta indo e voltando do trabalho, escola ou compras?
<5 / 5-15 / 16-30 / 31-45 / >45

Anexo B – Escala funcional da extremidade inferior

QUESTIONÁRIO “LOWER EXTREMITY FUNCTIONAL SCALE” (LEFS)

Estamos interessados em saber se você está tendo alguma dificuldade com as atividades listadas abaixo devido ao seu problema nos membros inferiores para o qual você está procurando tratamento. Por favor, assinale uma resposta para cada questão.

Hoje, você tem ou teria alguma dificuldade para:

(Circule um número em cada linha)

Atividade	Extremamente difícil ou incapaz de realizar a atividade	Bastante dificuldade	Dificuldade moderada	Um pouco de dificuldade	Sem dificuldade
A. Qualquer uma de suas atividades usuais no trabalho, em casa ou na escola.	0	1	2	3	4
B. Seus passatempos habituais, atividades recreativas ou esportivas.	0	1	2	3	4
C. Ultrapassar um obstáculo de 50cm de altura, como entrar ou sair de uma banheira.	0	1	2	3	4
D. Caminhar do quarto à sala.	0	1	2	3	4
E. Colocar o sapato ou as meias.	0	1	2	3	4
F. Ficar agachado (de cócoras).	0	1	2	3	4
G. Levantar um objeto, como uma sacola de compras do chão.	0	1	2	3	4
H. Realizar atividades domiciliares leves.	0	1	2	3	4
I. Realizar atividades domiciliares pesadas.	0	1	2	3	4
J. Entrar ou sair do carro.	0	1	2	3	4
K. Caminhar dois quarteirões.	0	1	2	3	4
L. Caminhar 1 quilômetro.	0	1	2	3	4
M. Subir ou descer 10 degraus (1 lance de escada).	0	1	2	3	4
N. Ficar em pé durante 1 hora.	0	1	2	3	4
O. Ficar sentado durante 1 hora.	0	1	2	3	4
P. Correr em terreno plano.	0	1	2	3	4
Q. Correr em terreno acidentado (irregular).	0	1	2	3	4
R. Fazer mudanças bruscas de direção enquanto corre rapidamente.	0	1	2	3	4
S. Dar pulinhos.	0	1	2	3	4
T. Rolar para mudar de lado na cama.	0	1	2	3	4

PONTUAÇÃO: ___/80

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do estudo: Avaliação do controle postural durante a execução do Star Excursion Balance Test.

Pesquisadores responsáveis: Gustavo do Nascimento Petter, Carlos Bolli Mota e Michele Forgiarini Saccol.

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Santa Maria/ Departamento de Educação Física e Desportos.

Você está sendo convidado(a) a participar voluntariamente de um estudo sobre o controle da postura durante a execução de um teste que exige movimentos das pernas. Os objetivos deste estudo serão avaliar a maneira com que você realiza estes movimentos que o teste propõe. Sua participação nesta pesquisa acontecerá através da resposta a 3 questionários e a avaliação dos seus movimentos. O primeiro questionário terá perguntas para sua identificação, como seu nome, idade e profissão. Já o segundo terá informações sobre suas atividades físicas, e o último sobre a presença de dores ou dificuldades em realizar determinadas tarefas do seu dia-a-dia. Também como registro de informações iniciais mediremos sua altura e seu peso, e ainda a largura de algumas articulações.

Após o término desta entrevista e medições iniciais, ocorrerá a realização da avaliação do controle postural durante a execução de um teste chamado “*Star Excursion Balance Test*”. Neste teste você deverá realizar alguns movimentos enquanto se equilibra em uma perna só, e enquanto você faz este teste registraremos e mediremos o modo que você se movimenta.

O funcionamento do teste ocorre da seguinte maneira: você deverá fazer a manutenção da base de apoio uni podal (um pé só), enquanto movimenta sua perna que não mantém contato com o solo em direções definidas, sem mover o pé de apoio em momento algum. Inicialmente você terá tempo para conhecer o teste e se familiarizar, após isso será sorteado a ordem das direções que você deverá realizar. Serão 3 direções, para cada direção são 3 tentativas válidas mais 4 de treino, que deverão ser realizadas com cada uma das pernas, totalizando 42 tentativas. Você terá um intervalo de 5 minutos entre as tentativas de treino e as válidas e também quando for fazer a troca de membro de apoio, podendo solicitar descanso quantas vezes quiser durante a realização da avaliação. Todos os procedimentos serão realizados em uma sala fechada apenas com a sua presença e dos pesquisadores.

As respostas aos questionamentos poderão representar mínimos riscos para você. Da

perspectiva psicológica, você poderá passar por algum tipo de constrangimento ao responder os questionários ou verificação das medições, porém, terá completa liberdade para negar-se a realização de qualquer etapa da pesquisa. Da ordem física, os riscos resumem-se a possibilidade de queda da própria altura, pois como você estará se equilibrando em um pé só pode acontecer uma queda, para minimizar a chance disso ocorrer você pode abortar qualquer uma das tentativas colocando seus dois pés no solo sempre que um desequilíbrio maior ocorrer e além disso sempre terá um pesquisador próximo para te ajudar. Caso ocorra um acidente, os pesquisadores farão uma avaliação preliminar do seu estado e, se necessário ou solicitado por você, será chamado a SAMU. As informações obtidas terão privacidade garantida pelos pesquisadores responsáveis e os sujeitos da pesquisa não serão identificados em nenhum momento.

O principal benefício que você terá ao participar desta pesquisa é descobrir se seu controle postural é adequado e assim os ter indicativos sobre a existência de chances aumentadas de lesão. Os resultados obtidos serão divulgados aos participantes, posteriormente, enviados para publicação em revista científica na forma de artigo científico, sem identificar você. Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores. Fica, também, garantida indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa

Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade. Os pesquisadores estarão sempre à disposição para esclarecer dúvidas, antes e no decorrer dos procedimentos. E antes de concordar em participar desta pesquisa e responder os questionários e participar das medidas e dos testes é muito importante a compreensão destas informações e instruções.

Eu _____,
RG nº _____, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento que está elaborado em duas vias, (sendo que uma ficará com o participante e outra via com os pesquisadores), e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro para que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade, bem como de esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em

participar deste estudo.

Assinatura do sujeito de pesquisa

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e esclarecido deste sujeito de pesquisa.

Santa Maria, _____ de _____ de _____.

Assinatura do responsável pelo estudo

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM

Avenida Roraima, 1000 - Prédio da Reitoria – 7º andar - Sala 702.

Cidade Universitária - Bairro Camobi

97105-900 - Santa Maria - RS

Tel.: (55)32209362 - Fax: (55)32208009

E-mail: comiteeticapesquisa@mail.ufsm.br

Endereço do Pesquisador:

Avenida Roraima, 100 – Prédio 51 – Cidade universitária, Camobi.

Rua Guilherme Rau, nº 145. Bairro São José, Santa Maria, RS.

Telefones:

(55) 3220 8271

(55) 91646284

E-mail: gustavo.petter@hotmail.com

Apêndice B – Questionário de identificação**Identificaç****ão:**

Data da Entrevista: /__ / ____

Nome: _____ Idade: _____

Nascimento: __ / ____ / ____ Telefone: _____ Celular: _____

_____ Endereço email: _____

Grau de Instrução: _____ Ocupação atual: _____

Anotações: _____

Apêndice C – Termo de confidencialidade

Título do projeto: Avaliação do controle postural durante a execução do Star Excurison Balance Test.

Pesquisador responsável: Carlos Bolli Mota

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Santa Maria/
Departamento de Educação Física e Desportos.

Telefone para contato: (55) 91646284

Local da coleta de dados: Laboratório de Biomecânica Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação Física e Desportos – CEFD.

Os pesquisadores do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos participantes cujos dados serão coletados através de questionários individuais, plataforma de força e cinemetria. Concordam, igualmente, que estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do presente projeto. As informações somente poderão ser divulgadas de forma anônima e serão mantidas com os pesquisadores por um período de 5 (cinco) anos sob a responsabilidade do Prof. Dr. Carlos Bolli Mota, na sala 1007 do prédio 51 da UFSM e em bancos de dados de um computador de uso pessoal sob a responsabilidade do professor, e então serão incinerados ou deletados. Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFSM em 5/01/2016, com o número do CAAE 51543815.7.0000.5346

Santa Maria, 20 de agosto de 2015.



Carlos Bolli Mota, CI 8022581105