UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO

WODYSON THIAGO ESCRIBONI SOARES

**Análise cinemática do centro de massa em jogadores de futebol de
salão durante tarefas de mudança de direção**

RIBEIRÃO PRETO

2020

WODYSON THIAGO ESCRIBONI SOARES

Análise cinemática do centro de massa em jogadores de futebol de salão durante tarefas de mudança de direção

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte.

Área de Concentração: Atividade Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago

VERSÃO CORRIGIDA

RIBEIRÃO PRETO

2020

AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO DO TEOR TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca Central do *Campus* USP – Ribeirão Preto

Soares, Wodyson Thiago Escriboni

Análise cinemática do centro de massa em jogadores de futebol de salão durante tarefas de mudança de direção. Ribeirão Preto, 2020.

43p. : il. ; 30cm

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago

1. Futebol de salão. 2. Mudança de direção. 3. Cinemática. 4. Biomecânica.

FOLHA DE APROVAÇÃO

SOARES, W. T. E. Análise cinemática do centro de massa em jogadores de futebol de salão durante tarefas de mudança de direção.

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte.

Aprovada em: 27 / 04 / 2020

Banca Examinadora

1) Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago

Instituição: Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

Presidente da Banca/Orientador

Assinatura: _____

2) Prof. Dr. Jansen Atier Estrázulas

Instituição: Universidade do Estado do Amazonas

Julgamento: Aprovado

Assinatura: _____

3) Prof. Dr. Matheus Machado Gomes

Instituição: Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

Julgamento: Aprovado

Assinatura: _____

4) Prof. Dr. Tenyson Will de Lemos

Instituição: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

Julgamento: Aprovado

Assinatura: _____

RESUMO

SOARES, W. T. E. **Análise cinemática do centro de massa em jogadores de futebol de salão durante tarefas de mudança de direção.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.

O futsal é um esporte coletivo intermitente de alta intensidade caracterizado por movimentos complexos e sucessivos em alta velocidade. Possui contínuas mudanças de direção associadas a contrações musculares vigorosas em espaços reduzidos, fazendo com que a capacidade de mudar de direção com eficiência seja crucial para o desempenho bem-sucedido nesse esporte. O presente estudo tem como objetivo analisar variáveis biomecânicas durante atividades de mudança de direção a 30°, 60° e 90° em jogadores e não jogadores de futebol de salão. Participaram do estudo 18 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 27 anos ($21,5 \pm 2,94$) e massa corporal entre 59 e 87 quilogramas ($71,9 \pm 6,10$). Foram divididos em 2 grupos, onde, o grupo dos jogadores (GJ) foi composto de 9 jogadores com idade entre 20 e 27 anos ($23,6 \pm 2,34$) e massa corporal entre 69 e 80 quilogramas ($73,4 \pm 3,60$) que participavam de sessões de treinamentos sistematizados inerentes a modalidade futebol de salão com frequência de quatro vezes na semana, com pelo menos, 1 ano de treinamento. O grupo controle (GC) foi composto por 9 não jogadores com idade entre 18 e 25 anos ($21,8 \pm 2,66$) e massa corporal entre 59 e 87 quilogramas ($70,4 \pm 7,81$), com prática recreacional da modalidade de até 2 vezes semanal. Foram posicionados 20 marcadores refletivos no tronco, membros superiores e membros inferiores do participante, os participantes realizaram aceleração em velocidade máxima e em linha reta por 10 metros, seguido de mudança de direção (30°, 60° e 90°) e reaceleração de 5 metros. O erro angular médio aumentou conforme aumento do ângulo proposto ($p < 0,001$) ($6,6^\circ$ vs $26,6^\circ$ vs $27,2^\circ$) com diferença entre os ângulos 30° e 60°, 30° e 90° e sem diferença entre 60° e 90°. A mudança de direção realizada para o lado não dominante apresenta um maior erro angular ($p=0,016$) ($18,6^\circ$ vs $21,5^\circ$). Houve também um efeito de interação significativo ($p=0,009$) entre o lado e o grupo, onde, o erro angular médio é maior no grupo controle ($15,2^\circ$ vs $21,3^\circ$) do que no grupo jogadores ($21,9^\circ$ vs $21,7^\circ$). Já na velocidade de execução houve diferença ($p < 0,001$) do ângulo proposto sobre a velocidade de execução média com o aumento do ângulo. Também observamos diferenças ($p=0,036$) sobre a velocidade de execução e o lado de domínio, onde, no grupo de jogadores a velocidade média é maior quando realizada a mudança para o lado dominante e no grupo controle a velocidade média de execução é maior do lado não dominante. Conclui-se que jogadores e não jogadores da modalidade futebol de salão apresentam padrões cinemáticos diferentes durante a execução de tarefas de mudanças de direção.

Palavras-chave: Futebol de salão. Mudança de direção. Cinemática. Biomecânica

ABSTRACT

SOARES, W. T. E. **Kinematic analysis of the center of mass in indoor soccer players during tasks of changing direction.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.

Futsal is a high intensity intermittent team sport characterized by complex and successive movements at high speed. It has continuous changes of direction associated with vigorous muscle contractions in small spaces, making the ability to change direction efficiently to be crucial for successful performance in this sport. The present study aims to analyze biomechanical variables during 30°, 60° and 90° direction change activities in indoor soccer players and non-players. The study included 18 male volunteers aged between 18 and 27 years (21.5 ± 2.94) and body mass between 59 and 87 kilograms (71.9 ± 6.10). They were divided into 2 groups, where the group of players (GJ) was composed of 9 players aged between 20 and 27 years (23.6 ± 2.34) and body mass between 69 and 80 kilograms (73.4 ± 3 , 60) who participated in systematic training sessions inherent to the indoor soccer modality four times a week, with at least 1 year of training. The control group (CG) was composed of 9 non-players aged between 18 and 25 years (21.8 ± 2.66) and body mass between 59 and 87 kg (70.4 ± 7.81), with recreational practice of up to 2 times a week. Twenty reflective markers were placed on the trunk, upper and lower limbs of the participant, the participants performed acceleration at maximum speed and in a straight line for 10 meters, followed by a change of direction (30°, 60° and 90°) and a 5-meter acceleration. The mean angular error increased as the proposed angle increased ($p < 0.001$) (6.6° vs 26.6° vs 27.2°) with a difference between the 30° and 60°, 30° and 90° angles and with no difference between 60° and 90°. The change of direction made to the non-dominant side presents a greater angular error ($p = 0.016$) (18.6° vs 21.5°). There was also a significant interaction effect ($p = 0.009$) between the side and the group, where the mean angular error is greater in the control group (15.2° vs 21.3°) than in the players group (21.9° vs 21.7°). In the execution speed, there was a difference ($p < 0.001$) of the proposed angle over the average execution speed with increasing angle. We also observed differences ($p = 0.036$) on the execution speed and the domain side, where, in the group of players the average speed is greater when the change to the dominant side is performed and in the control group the average execution speed is greater than non-dominant side. It is concluded that players and non-players of the indoor soccer sport present different cinematic patterns during the execution of tasks of changes of direction.

Keywords: Indoor soccer. Change of direction. Kinematics. Biomechanics

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição das câmeras no ambiente de coleta.

Figura 2. Posicionamento dos marcadores reflexivos.

Figura 3. Tomada cinemática estática.

Figura 4. Área de coleta dos dados.

Figura 5. Ilustração de mudança de direção a 30° . Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

Figura 6. Ilustração de mudança de direção a 60° . Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

Figura 7. Ilustração de mudança de direção a 90° . Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

Figura 8. Análise gráfica dos efeitos dos fatores sobre o erro angular médio.

Figura 9. Análise gráfica dos efeitos dos fatores sobre a velocidade média de execução.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média e desvio padrão da idade cronológica, massa corporal, tempo de prática semanal nos grupos GJ e GC.

Tabela 2. Análise descritiva do erro angular de acordo com as estimativas marginais.

Tabela 3. ANOVA de três fatores mistos para avaliar o efeito do grupo, ângulo proposto e lado sobre o erro angular médio.

Tabela 4. Análise descritiva da velocidade de acordo com as estimativas marginais.

Tabela 5. ANOVA de três fatores mistos para avaliar o efeito do grupo, ângulo proposto e lado de domínio sobre a velocidade média de execução.

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A. Termo de consentimento livre e esclarecido.

Apêndice B. Parecer do comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Futebol de Salão	15
2.2 Mudança de Direção	16
2.3 Centro de Massa	19
3. HIPÓTESES.....	21
4. OBJETIVOS.....	23
4.1 Objetivo Geral	24
4.2 Objetivos Específicos	24
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1 Caracterização da Pesquisa.....	26
5.2 Participantes	26
5.3 Instrumentos de Medida	27
5.4 Procedimentos de Coleta	30
5.5 Processamento dos Dados	33
5.6 Análise Estatística	35
6. RESULTADOS.....	36
7. DISCUSSÃO.....	44
8. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A	58
Termo de consentimento livre e esclarecido.....	58
APÊNDICE B	60
Parecer do comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto.....	60

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

O futsal é um esporte coletivo intermitente de alta intensidade, caracterizado por movimentos complexos e sucessivos em alta velocidade, com contínuas mudanças de direção associadas a contrações musculares vigorosas em espaços reduzidos (MEDINA et al., 2002), sendo, essas ações motoras de giros e mudanças de direção determinantes para o desempenho bem sucedido da modalidade (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; BEATO et al., 2017; CASTAGNA et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009; RAMOS-CAMPO et al., 2016; SEKULIC et al., 2019). Estas mudanças de direção, que consistem na aceleração após uma mudança de direção rápida em relação ao eixo da corrida, são denominadas genericamente de *Cutting Motion* (SUZUKI et al., 2014), e são elementos fundamentais para o desempenho em várias modalidades como, futebol, rúgby, handebol, entre outras (MANIAR et al., 2019) e a velocidade com as quais essas mudanças de direção são executadas fornecem a base mecânica para um desempenho superior nos esportes coletivos (DOS' SANTOS et al., 2019), além de ser descrita como uma qualidade que diferencia jogadores de melhor nível (SLIMANI; NIKOLAIDIS, 2017).

Durante a prática de esportes que exigem mudanças de direção constantemente, seja em ações de ataque ou defesa, os atletas objetivam a todo instante evitar as perturbações externas em busca das melhores condições para alcançarem o objetivo final e para isso realizam constantemente inúmeras mudanças de direção. O controle do movimento de todo o corpo durante tais mudanças de direção, seja em ações pré-planejadas ou não, surge das interações entre indivíduo, tarefa e ambiente e exige estratégias de controle do centro de massa como mecanismo prioritário para mudanças de direção bem sucedidas, já que, a reorientação eficiente o centro de massa do corpo de uma trajetória reta para uma nova trajetória após uma manobra de mudança de direção é vital para desfechos de positivos (WYATT et al., 2019).

Além disso, a capacidade de redirecionar o centro de massa para uma nova direção foi relatada como uma estratégia importante para a prevenção de lesões do ligamento cruzado anterior, já que, nos ambientes de esportes coletivos entre 50% a 80% das lesões do ligamento cruzado anterior ocorrem em situações sem contato (DEMPSEY et al., 2009). A partir dessas perspectivas, o entendimento sobre o comportamento do centro de massa do indivíduo e as características de controle através de diferentes técnicas de controle dinâmico do corpo todo durante as mudanças de direção podem contribuir para reduzir o risco de lesões dessa natureza, devido à sua influência na flexão e abdução do quadril, flexão e momento valgo do joelho e inversão do tornozelo. Fatos tais, corroborados pelo grande interesse da comunidade científica

manifestada pela quantidade de pesquisas dedicadas ao entendimento da mecânica isolada das articulações e segmentos que se coordenam para subsidiar o desempenho nas mudanças de direção (WYATT et al., 2019).

O centro de massa se relaciona com as tarefas de mudança de direção, por ser a trajetória dele, de desaceleração na direção de aproximação e reaceleração em uma nova direção, uma variável de análise muito importante para determinar as repercussões intrínsecas às mudanças de direção. Sendo que, para que haja a desaceleração do centro de massa é necessário que o indivíduo desenvolva ações motoras posicionando o centro de massa posterior ao centro de aplicação de força, e em contrapartida para reacelerar na nova direção de movimento é necessário posicionar o centro de massa anteriormente ao centro de aplicação de força (DAVID et al., 2018).

Uma visão mais aprofundada da dinâmica do corpo inteiro através das mensurações do centro de massa pode oferecer uma compreensão valiosa dos mecanismos de controle empregados para executar com êxito uma manobra de mudança de direção (WYATT et al., 2019). Partindo destas explanações, quais seriam as repercussões cinemáticas durante as mudanças de direção em jogadores e não jogadores de futebol de salão?

Com base neste questionamento, esta pesquisa busca subsídios dentro do contexto da biomecânica experimental, mais especificamente na cinemática, para observar e comparar as ocorrências intrínsecas às mudanças de direção nesta população. Portanto, o presente trabalho objetiva analisar variáveis cinemáticas de praticantes de futebol de salão durante atividades de mudança de direção, devido este esporte ser considerado o mais intenso no quesito mudança de direção e por esta modalidade não ter sido ainda alvo de investigações dessa natureza em contraponto a outras modalidades esportivas.

2. Revisão de Literatura

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Futebol de Salão

A versão *indoor* do futebol de campo, conhecida como futebol de salão ou futsal é um esporte atualmente praticado por aproximadamente de 12 milhões de jogadores em mais de 100 países por todo o mundo (BEATO et al., 2017; DOGRAMACI et al., 2011; GOROSTIAGA et al., 2009; RAMOS-CAMPO et al., 2016). Sendo este, um esporte reconhecido e sancionado oficialmente pela Federação Internacional de Futebol (FIFA) (CASTAGNA et al., 2009; DOGRAMACI et al., 2011; NASER et al., 2017; RAMOS-CAMPO et al., 2016).

A partir da sua introdução em 1930, sua popularidade cresceu progressivamente e atualmente são disputadas ligas profissionais e amadoras por homens e mulheres, meninos e meninas ao redor de todo o mundo (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; BENVENUTI et al., 2010; NASER et al., 2017). É jogado em campo de 40x20 m (alcance entre 38x18 e 42x22 m) com gols de 3x2 m entre 2 equipes de 5 jogadores (sendo quatro jogadores de campo e um goleiro), com número ilimitado de substituições durante a partida. O tempo de jogo é dividido em 2 metades de 20 min, parando o tempo toda vez que a bola deixa o perímetro do campo, resultando em um tempo total de partida entre 75 a 90 min (BEATO et al., 2017; GOROSTIAGA et al., 2009).

O futsal é um esporte coletivo intermitente de alta intensidade, caracterizado por movimentos complexos e sucessivos em alta velocidade, em espaços muito pequenos, com mudanças contínuas de direção associada a contrações musculares vigorosas (MEDINA et al., 2002). Estas ações motoras de giros e mudanças de direção inerentes à modalidade caracterizam-se como os elementos físicos mais importantes para o desempenho superior na modalidade (BARBERO-ALVAREZ et al., 2008; BEATO et al., 2017; CASTAGNA et al., 2009; GOROSTIAGA et al., 2009; RAMOS-CAMPO et al., 2016; SEKULIC et al., 2019). Estas particularidades no padrão de atividade do futsal juntamente com sua dinâmica, onde, cada jogador executa tarefas tanto de ataque quanto de defesa constantemente em alto ritmo, faz com que o futsal seja mais intenso que qualquer outro esporte coletivo. (NASER et al., 2017).

O conhecimento sobre a natureza intermitente e as variações constantes no tipo de movimentação, direção e gestos motores específicos, inerentes a cada modalidade esportiva, associado as variáveis idade, sexo, posição e nível de experimentação fornecem dados valiosos que norteiam abordagens verdadeiramente necessárias para o sucesso no esporte. Variáveis antropométricas (somatotipo e composição corporal), fisiológicas (perfil aeróbio e anaeróbio)

e perfil físico (capacidade de *sprint* repetido; força muscular; potência muscular; velocidade e agilidade), as quais, tem relação estreita com a execução de tarefas de mudanças de direção, como bem documentado na literatura, demonstram ter potencial tanto para detectar talentos como para discriminar atletas de diferentes níveis e consequente maior taxa de sucesso na prática da modalidade esportiva (SLIMANI; NIKOLAIDIS, 2017).

O entendimento sobre as particularidades da dinâmica de jogo do futsal e consequentemente a quantificação das variáveis de carga externa, dentre elas, acelerações, desacelerações e mudanças de direção podem gerar informações muito úteis tanto para o desenvolvimento de programas de treinamento mais adequados quanto para prevenção de lesões (BEATO et al., 2017). No entanto, pesquisas limitadas foram realizadas no futsal, das poucas pesquisas realizadas, a maioria abordou a análise do jogo e/ou as demandas fisiológicas dos jogadores durante o jogo e o treinamento (NASER et al., 2017; TORRES-TORRELO; RODRÍGUEZ-ROSELL; GONZÁLEZ-BADILLO, 2017), com pouca ou nenhuma evidência relacionada a trajetória do centro de massa durante as mudanças de direção neste esporte e suas repercussões.

2.2 Mudança de Direção

A quantidade e a qualidade das demandas mecânicas entre diferentes esportes são amplamente variáveis. Alguns esportes exigem corridas frequentes e consistentes de alta intensidade no plano sagital, enquanto outros, exigem movimentos em vários planos e outros ainda utilizam muitos saltos. Por isso, as demandas específicas para cada esporte devem ser quantificadas individualmente, principalmente as demandas relacionadas aos perfis de mudança de direção, pois, estas são importantes para o desenvolvimento de treinamentos mais efetivos, análise do desempenho atlético individual e prevenção de lesões (TAYLOR et al., 2017).

A mudança de direção pode ser definida como a capacidade de desacelerar, reverter a direção do movimento e acelerar novamente. Essas manobras são fundamentais para o desempenho bem-sucedido nos esportes com mudanças direcionais e exige dos jogadores valências importantes que são influenciadas por fatores físicos e técnicos, como corrida em linha reta, velocidade/aceleração, força excêntrica e concêntrica, potência e força reativa. A junção destes fatores físicos e técnicos associados à dinâmica da partida induz algumas formas estratégicas de execução das mudanças de direção mais convenientes a cada situação. (FIORILLI et al., 2017).

Independente das demandas quantitativas e qualitativas de cada esporte, as mudanças de direção genericamente conhecidas por *Cutting Motion* apresentam diferentes definições

técnicas e podem ser classificadas em *Side Step* que é quando a mudança de direção é efetuada contra lateralmente ao pé que realiza o último contato no solo antes da mudança de direção, por outro lado, o *Cross Step* que envolve a mudança de direção ipsilateral ao pé que realiza o último contato no solo (SUZUKI et al., 2014) e finalmente, o pivô que é uma estratégia de giro bilateral em que o pé gira em contato com o solo (normalmente para mudanças de direção superiores a 135°), sendo que cada uma dessas estratégias gera repercussões biomecânicas diferentes (DOS'SANTOS et al., 2018).

A literatura reporta que em angulações entre 0° e 45° observa-se que é possível relativa manutenção da velocidade de aproximação antes da mudança de direção, consequentemente menor necessidade de frenagem, principalmente aquela realizada no penúltimo pé de contato antes da mudança de direção, tornando nestas angulações a estratégia de mudança de direção ipsilateral mais veloz devido ao tempo de contato com o solo reduzido, já com angulações entre 45° e 60° notou-se a necessidade de frenagens moderadas antes da mudança de direção e que as estratégias de mudança contra lateral eram recomendadas, e por fim mudanças em angulações entre 60° e 180°, onde, foram relatadas vigorosas forças de frenagem no penúltimo contato do pé antes da mudança de direção e as melhores estratégias seriam a mudança contra lateral ou o pivoteamento (DOS'SANTOS et al., 2018; HADER; PALAZZI; BUCHHEIT, 2015; HAVENS; SIGWARD, 2015a; b). Evidencia-se assim, uma relação direta entre ângulo e velocidade onde as forças de frenagem têm um papel limitado através do penúltimo contato do pé antes da mudança de direção em angulações menores que 45°, mas um papel proeminente em angulações maiores que 60°. As demandas biomecânicas das mudanças de direção são influenciadas diretamente pelo ângulo e pela velocidade de execução, que por sua vez alteram toda resposta de desaceleração e reaceleração, carga na articulação do joelho e atividade muscular dos membros inferiores, com isso, a modulação desses dois elementos tem capacidade de regular as relações de intensidade em tarefas de mudança de direção (HADER; PALAZZI; BUCHHEIT, 2015; SUZUKI et al., 2014).

Mudanças de direção em ângulos mais fechados ou com velocidade aumentada elevam consideravelmente o risco relativo de lesão na articulação do joelho devido à maior carga associada. Em contrapartida, mudanças direcionais mais rápidas e com ângulos mais fechados são manobras fundamentais para o desempenho superior em esportes multidirecionais, fato este que expõe uma linha tênue entre uma performance melhorada por um lado e a incidência de lesão aumentada no outro lado. Tal dicotomia, no entanto pode ser mediada através da melhora da capacidade física do atleta na produção de força rápida e controle neuromuscular (DOS'SANTOS et al., 2018).

A complexidade das ações motoras durante as tarefas mudança de direção se mostra devido o envolvimento de movimentos em vários planos de movimento, grande recrutamento de unidades motoras, coordenação intra e inter muscular e ações multiarticulares (CONDELLO et al., 2016; FLOYD; THOMPSON, 2011) e revela a importância do controle neuromuscular durante as mudanças de direção. As perturbações do equilíbrio inerentes a prática de esportes multidirecionais podem ser causadas pelo contato direto com outros jogadores ou equipamentos, planejamento incorreto do gesto motor ou alteração inesperada da superfície. Esses elementos além de prejudicarem o desfecho da ação também favorecem o aparecimento de lesões pois estão relacionadas com a perda de equilíbrio durante a fase de aceitação de carga na aterrissagem ou nas manobras de mudança de direção. Portanto, respostas musculares mais ávidas a estas perturbações, mediadas pelo sistema nervoso central e moduladores, durante a realização de atividades esportivas podem potencializar através da integração e organização modular a ativação seletiva de determinados músculos do tronco e membros inferiores melhorando o controle postural dinâmico (OLIVEIRA et al., 2017). A associação entre capacidades físicas bem desenvolvidas através de um controle neuromuscular responsivo e um sistema cognitivo íntegro para percepção e tomada de decisão em conjunto formam a base da capacidade agilidade (POJSKIC et al., 2019).

A agilidade é definida como um movimento rápido do corpo inteiro com mudança de velocidade ou direção em resposta a um estímulo (COH et al., 2018; EMMONDS et al., 2019; FESSI et al., 2018; FIORILLI et al., 2017; GORAL, 2015; JONES et al., 2009; MATLÁK et al., 2016; SHEPPARD et al., 2006). É uma habilidade complexa que envolve tanto fatores físicos: mudança de direção (antropometria; qualidades musculares do membro inferior (força reativa; força e potência concêntrica; equilíbrio muscular direita-esquerda); velocidade de corrida em linha reta; técnica (ajuste das passadas para acelerar e desacelerar, inclinação do corpo e postura, colocação do pé)) quanto fatores cognitivos: percepção e tomada de decisão (escaneamento visual, conhecimento da situação, padrão de reconhecimento, antecipação) (SERPELL et al., 2011).

A integração dos elementos físicos e dos elementos cognitivos são componentes condicionantes fundamentais para o desenvolvimento efetivo de muitos esportes multidirecionais. Os elementos físicos, denominados como mudanças de direção pré-planejadas, ou habilidades fechadas, são definidos como *sprints* com mudança de direção, enquanto os elementos cognitivos são classificados como *sprints* com mudanças direcionais em resposta a um estímulo, ou habilidades abertas, sendo muito utilizados nos esportes coletivos, além de serem preditores de performance (FIORILLI et al., 2017; SHEPPARD et al., 2006).

Portanto, quando apenas o componente físico é considerado, a agilidade passa a ser referida como capacidade de mudança de direção, envolvendo rápidas e eficazes ações de aceleração, desaceleração e reaceleração em um curto período de tempo e espaço (CONDELLO et al., 2016).

Uma das lesões mais importantes do membro inferior ocorrem no ligamento cruzado anterior e a maioria ocorre na ausência de contato jogador a jogador. A taxa de lesões sem contato varia de 70 a 84% de todas as lesões do ligamento cruzado anterior e ocorrem durante: mudança de direção ou manobras de corte combinadas com desaceleração, aterrissagem com o joelho próximo da extensão total, rotação do joelho perto da extensão total e pé fixo no solo. A combinação de forças produz maior tensão do que movimentos isolados. Assim, a rotação interna pura do joelho, a rotação externa, os momentos em valgo e em varo não sobrecarregam tanto o ligamento cruzado anterior quanto a magnitude das rotações combinadas, como uma força direcionada anteriormente adicionada ao valgo ou à rotação interna (ALENTORN-GELI et al., 2009).

2.3 Centro de Massa

O Centro de massa é um ponto virtual onde a massa corporal total pode ser considerada concentrada, ele é calculado como sendo a média ponderada do centro de massa de cada segmento corporal no espaço tridimensional e é controlada pelos sistemas de controle do equilíbrio (LAFOND; DUARTE; PRINCE, 2004; WINTER, 1995). As oscilações do centro de massa em três dimensões, são o resultado de complexas interações dos sistemas neurofisiológicos e biomecânicos, e os parâmetros extraídos dessa variável auxiliam no entendimento das características gerais da locomoção humana, em suas diferentes manifestações (NAVVAB; MOTLAGH; ARSHI, 2016).

A estabilidade, que é a capacidade de um objeto ou indivíduo de resistir a mudanças no equilíbrio depende em grande parte da manipulação do centro de massa para que seja possível a expressão de força e potência máximas. O centro de massa possui características de deslocamento em vários planos de movimento e sua posição é modificada constantemente frente a movimentação e posicionamento dos segmentos corporais, sendo crucial para manutenção e otimização da estabilidade. Os fatores que influenciam a estabilidade são, peso, nível de atrito e o tamanho do suporte de base do objeto. A base de suporte, que é definida como a área dentro das linhas que conectam o perímetro externo das partes do corpo em contato com o solo e pode ser manipulada para aumentar a estabilidade e manter o centro de massa dentro da base de suporte, sendo assim esta modulação vital para manutenção do equilíbrio durante a

locomoção (RATAMESS, 2011). Portanto, o entendimento sobre o comportamento e a trajetória do centro de massa durante o movimento é extremamente importante para a análise e/ou entendimento dos padrões de deslocamento corporal (AN; WOO, 2017).

Deste modo, para quantificação do centro de massa através do método cinemático, que por sua vez, é frequentemente usado em estudos de estabilidade postural, mensura o centro de massa utilizando um modelo antropométrico preciso e uma descrição cinemática através de marcadores anexados em marcos ósseos proximais e distais específicos de vários segmentos (LAFOND; DUARTE; PRINCE, 2004).

O centro de massa se relaciona com as tarefas de mudança de direção, por ser a trajetória dele de desaceleração na direção de aproximação e reaceleração em uma nova direção, uma variável de análise muito importante para determinar as repercussões intrínsecas às mudanças de direção. Sendo que para que haja a desaceleração do centro de massa é necessário que o indivíduo desenvolva ações motoras posicionando o centro de massa posterior ao centro de aplicação de força, em contrapartida para reacelerar na nova direção de movimento é necessário gerar forças posicionando o centro de massa anteriormente ao centro de aplicação de força (DAVID et al., 2018).

Diferentes esportes expressam diferentes técnicas de corrida e consequentes repercussões nas mudanças de direção. Nos esportes cíclicos os atletas conseguem manter o centro de massa mais elevado, já nos esportes acíclicos como o futsal os atletas correm com o centro de massa relativamente mais baixo, parte superior do corpo mais inclinada à frente, menor flexão dos joelhos durante a recuperação da perna e uma menor elevação dos joelhos. Um centro de massa mais baixo durante as mudanças de direção parece ser vantajoso para produzir maiores forças de reação no solo para movimentos laterais, tempo de contato com o solo relativamente curto e menores graus de flexão nas articulações do quadril, joelho e tornozelo. Espera-se também que um bom desempenho nas mudanças de direção esteja associado a um ciclo rápido de alongamento encurtamento dos extensores da perna possibilitando rápida atenuação da ação excêntrica e consequente produção de ações concêntricas, sendo extremamente importante durante mudanças de direção (YOUNG et al., 2002).

3. Hipótesis

3. HIPÓTESES

Acredita-se na hipótese de que jogadores e não jogadores de futebol de salão de apresentam diferenças na trajetória angular do centro de massa e na velocidade de execução durante tarefas de mudança de direção.

4. Objetivos

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Analisar variáveis cinemáticas de praticantes de futebol de salão durante atividades de mudança de direção.

4.2 Objetivos Específicos

Descrever as variáveis cinemáticas durante atividades de mudança de direção em 30°, 60° e 90°;

Descrever a velocidade na mudança de direção entre os grupos, as dominâncias e angulações;

Comparar os erros angulares e velocidade de mudança de direção do centro de massa durante tarefas de mudança de direção a 30°, 60° e 90° entre grupo controle e grupo jogadores;

Comparar os erros angulares e velocidade de mudança de direção do centro de massa durante tarefas de mudança de direção a 30°, 60° e 90° entre membro dominante e não dominante;

5. Materiais e Métodos

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Caracterização da Pesquisa

A presente pesquisa foi de natureza aplicada, na qual, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais. A abordagem desta pesquisa pode ser caracterizada como quantitativa centrada na objetividade, influenciada pelo positivismo, considerando que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. (FONSECA, 2002).

Quanto aos objetivos de pesquisa, o presente estudo pode ser caracterizado como descritivo e exploratório. Descritivo, pois, exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar, esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987). E exploratória pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2007).

5.2 Participantes

Foram recrutados 18 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 27 anos ($21,5 \pm 2,94$) e massa corporal entre 59 e 87 quilogramas ($71,9 \pm 6,10$). Foram divididos em 2 grupos, onde, o grupo dos jogadores (GJ) foi composto de 9 praticantes com idade entre 20 e 27 anos ($23,6 \pm 2,34$) e massa corporal entre 69 e 80 quilogramas ($73,4 \pm 3,60$) que participavam de sessões de treinamentos sistematizados inerentes a modalidade futebol de salão com frequência de quatro vezes na semana, com pelo menos, 1 ano de treinamento. O grupo controle (GC) foi composto por 9 participantes com idade entre 18 e 25 anos ($21,8 \pm 2,66$) e massa corporal entre 59 e 87 quilogramas ($70,4 \pm 7,81$), com prática recreacional da modalidade de até 2 vezes semanal (Tabela 1).

Como critério de exclusão, os voluntários, de ambos grupos, não deveriam apresentar quaisquer limitações cinético-funcionais (redução de força muscular ou mobilidade articular, distúrbios do equilíbrio, reabilitação cirúrgica, lesões ou patologias significantes nos membros inferiores) que pudessem comprometer a participação no estudo.

Tabela 1. Média e desvio padrão da idade cronológica, massa corporal, tempo de prática semanal nos grupos GJ e GC.

Variáveis	Grupos	
	GJ (N = 9)	GC (N = 9)
Idade (anos)	23,6 ± 2,34	21,8 ± 2,66
Massa corporal (kg)	73,4 ± 3,60	70,4 ± 7,81
Tempo de prática semanal (horas)	8,66 ± 0,70	0,77 ± 0,66

5.3 Instrumentos de Medida

Para obtenção das variáveis cinemáticas foi utilizado um sistema de análise de movimento tridimensional constituído por 8 câmeras de vídeo infravermelho, modelo S250 do sistema OptiTrack™ (Natural Point Inc. – USA) sincronizadas via *hardware*, operando a uma frequência de 250 Hz dispostas em tripés distribuídos no ambiente de coleta a uma distância aproximada de 30° umas das outras iniciando a 15°, 45° e 75° e uma última câmera um pouco mais distante a 120°, medidas estas orientadas a partir do eixo y no sentido positivo (Figura 1), permitindo desta forma a visualização mais precisa dos marcadores reflexivos tridimensionais. Foram utilizados 20 marcadores refletivos (10mm) para determinação das variáveis tridimensionais, posicionados nas seguintes proeminências ósseas: Acrômio direito e esquerdo, epicôndilo lateral do úmero direito e esquerdo, processo estilóide da ulna direito e esquerdo, espinha ilíaca antero superior direita e esquerda, espinha ilíaca pósterio superior direita e esquerda, epicôndilo lateral do fêmur direito e esquerdo, maléolo lateral direito e esquerdo, cabeça do quinto metatarso direito e esquerdo, cabeça do primeiro metatarso direito e esquerdo, e tuberosidade do calcâneo (Figura 2). Os dados tridimensionais de cada marcador foram exportados do *software* MOTIVE® em formato .c3d para posterior processamento.

Figura 1. Disposição das câmeras no ambiente de coleta

Figura 2. Posicionamento dos marcadores reflexivos

5.4 Procedimentos de Coleta

Os procedimentos realizados durante a pesquisa, assim como os possíveis riscos e benefícios foram explicados para os participantes que assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação no estudo (Apêndice A). Além disso, para realização do presente estudo, o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (CAAE: 82062017.1.0000.5659) (Apêndice B).

Todos os procedimentos envolvidos neste estudo foram realizados nas dependências (Ginásio Poliesportivo) da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, cujo piso é constituído de material poliuretânico LISOLAC 3,5mm bicomponente de alta resistência a abrasão e a esforços mecânicos, perfeitamente uniforme com acabamento colorido antirreflexivo de poliuretano alifático (resina de poliuretano colorida de alta resistência, antiderrapante, com textura adequada à prática esportiva). Sobre o piso são pintadas as linhas demarcatórias com pintura epóxi na cor amarelo daffodil yellow Q6-23E e pintura epóxi na cor azul key largo Q13-3E; base nivelada sem qualquer aspereza ou rugosidade.

Todos voluntários utilizaram durante os testes tênis específicos para a prática do futebol de salão. Os voluntários realizaram um breve aquecimento padronizado (cinco minutos de corrida multidirecional), instruído pelo grupo de pesquisa. Subsequente a isso, os participantes realizaram uma tomada cinemática estática na posição anatômica durante 5 segundos (Figura 3), para que fosse possível encontrar os valores angulares anatômicos dos participantes, além de uma aceleração em linha reta de aproximadamente 10m. Por fim, os voluntários realizaram corridas em linha reta com mudança de direção quantas vezes necessárias para adaptação ao teste, para então iniciar a coleta de dados. Além disso, entre as tentativas, os participantes foram aconselhados a realizar uma pausa entre 45 a 60 segundos (DONNELLY et al., 2012; KRISTIANSUND et al., 2012) para evitar a fadiga, uma vez que ela pode interferir nas variáveis biomecânicas desejadas (WHITING; ZERNICKE, 2009).

Figura 3. Tomada cinemática estática

O teste foi realizado em uma área total de aproximadamente 15m x 15m (Figura 4) e foi constituído de uma aceleração em velocidade máxima e em linha reta de 10 metros, uma mudança de direção na angulação proposta (30°, 60° ou 90°) seguido de uma aceleração de 5 metros. A orientação aos voluntários foi para que acelerassem o máximo possível e em determinado ponto, demarcado no solo, realizassem a mudança na direção planejada, o mais rápido possível.

Foi padronizada a mudança de direção em sentido anti-horário, com início na mudança de direção para 30° à direita do voluntário e finalizando na direção de 30° à esquerda do voluntário. Foram realizadas 3 tentativas alternadas para cada direção, totalizando 18 tentativas.

As referidas angulações para mudança de direção foram orientadas e destacadas no solo através da fixação de fitas adesivas antiderrapantes de cor contrastante com a do solo da quadra de esportes, as mensurações angulares propostas foram feitas utilizando um goniômetro grande de acrílico da marca Carci.

Figura 4. Área de coleta dos dados.

5.5 Processamento dos Dados

Através do *software* MOTIVE® foi feita a captura dos sinais cinemáticos e realizada a reconstrução tridimensional dos marcadores; posteriormente estes dados foram tratados com o auxílio do *software* Visual3D™. O tratamento dos dados cinemáticos de todos voluntários foi realizado individualmente nesta sequência: filtro passa baixa (*Butterworth* digital de quarta ordem com frequência de corte de 10 Hz), interpolação e exportação em formato .c3d, com este dado foi criado um modelo estático e aplicado sobre os arquivos dinâmicos previamente capturados nos testes realizados pelo voluntário, após, os dados foram novamente filtrados e interpolados e exportados em formato.txt e processados por rotinas elaboradas no *software* Matlab® (MathWorks® Inc. Natick, Massachusetts, EUA), onde foi possível quantificar as variáveis de interesse ângulo de saída e a velocidade de saída.

Foi padronizado para todas as tentativas o mesmo intervalo de captura e análise dos dados, esse intervalo foi caracterizado pelo momento em que ocorre o último contato no solo antes da mudança de direção e o primeiro contato após a mudança de direção (Figura 5, 6 e 7).

Para o processamento das variáveis cinemáticas foi definido o sistema global de referência, no qual os eixos desse sistema foram alinhados aos eixos do corpo humano, onde o eixo z foi definido na direção vertical, com sentido positivo para cima, o eixo y que foi definido como antero posterior, com sentido positivo para anterior dos participantes e, por fim, o eixo x foi definido como produto vetorial de y por z.

Os valores obtidos foram o ângulo de saída e velocidade de saída do centro de massa durante as tarefas de mudança de direção a 30°, 60° e 90°. Foram analisadas todas as 3 tentativas realizadas para cada direção, porém, foi escolhida a tentativa que obteve maior êxito na execução, ou seja, a tentativa em que o ângulo executado mais se aproximou do ângulo solicitado. Da mesma forma, foi realizado para velocidade, onde entre as 3 tentativas executadas foi escolhida a que foi executada em maior velocidade.

Figura 5. Ilustração de mudança de direção a 30° . Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

O cálculo do ângulo de saída do centro de massa foi realizado no intervalo compreendido entre o último contato do pé antes da mudança de direção até o contato do pé após a mudança de direção (Figura 5, 6 e 7). O produto calculado entre o ângulo de saída executado e o ângulo proposto revelou a trajetória angular real do centro de massa.

Figura 6. Ilustração de mudança de direção a 60° . Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

Da mesma forma como foi realizado o cálculo do erro angular do centro de massa durante as mudanças de direção, também foi calculada a velocidade de execução das mudanças de direção a 30°, 60° e 90°. O cálculo foi feito através da diferença de velocidade do centro de massa entre o último contato do pé antes da mudança de direção até o contato do pé após a mudança de direção (Figura 5, 6 e 7).

Figura 7. Ilustração de mudança de direção a 90°. Representação da trajetória do centro de massa pelo traço na cor verde. Na cor azul o último contato antes da mudança de direção e na cor vermelha o primeiro contato após a mudança de direção.

5.6 Análise Estatística

A amostra foi descrita utilizando média, desvio padrão e seu respectivo intervalo e confiança 95% (IC95%). Os dados foram testados quanto a sua normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Não houve necessidade de transformação dos dados pois, apresentaram distribuição normal.

A verificação dos efeitos foi avaliada pela análise de variância ANOVA de 3 fatores mistos, na comparação entre grupos (GJ e GC), condição (ângulo e velocidade) e lado (dominante e não dominante) com medidas repetidas. Quando necessário empregou-se o teste de “post-hoc” de Bonferroni para se localizar a diferença significativa.

Em todas as análises foi adotado o nível de significância de $p \leq 0,05$ e os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão e a análise foi realizada com auxílio do *software* IBM SPSS v.20.0.

6. Resultados

6. RESULTADOS

Tabela 2. Análise descritiva do erro angular de acordo com as estimativas marginais.

Fator		Erro Angular (graus)			
		Média	Erro Padrão	IC95%	
Grupo					
Jogador		21,8	1,2	(19,5 - 24,1)	
Controle		18,3	1,2	(15,9 - 20,6)	
Ângulo					
30° (a)		6,6	1,4	(3,8 - 9,5)	
60° (b)		26,2	1,4	(23,4 - 29,1)	
90° (b)		27,2	1,4	(24,3 - 30,1)	
Lado					
Dominante		18,6	1,2	(16,2 - 20,9)	
Não dominante		21,5	1,2	(19,2 - 23,8)	
Grupo * Ângulo					
Jogador	30°	6,1	2,0	(2,1 - 10,1)	
	60°	28,9	2,0	(24,9 - 33)	
	90°	30,4	2,0	(26,3 - 34,4)	
Controle	30°	7,1	2,0	(3,1 - 11,2)	
	60°	23,6	2,0	(19,5 - 27,6)	
	90°	24,1	2,0	(20 - 28,1)	
Grupo * Lado					
Jogador	D	21,9	1,7	(18,6 - 25,2)	
	ND	21,7	1,7	(18,3 - 25)	
Controle	D	15,2	1,7	(11,9 - 18,5)	
	ND	21,3	1,7	(18 - 24,6)	
Ângulo * Lado					
30°	D	5,7	2,0	(1,7 - 9,8)	
	ND	7,5	2,0	(3,5 - 11,6)	
60°	D	24,9	2,0	(20,8 - 28,9)	
	ND	27,6	2,0	(23,5 - 31,6)	
90°	D	25,0	2,0	(21 - 29,1)	
	ND	29,4	2,0	(25,3 - 33,4)	
Grupo * Ângulo * Lado					
Jogador	30°	D	6,3	2,9	(0,6 - 12)
		ND	5,9	2,9	(0,2 - 11,6)
	60°	D	29,6	2,9	(23,9 - 35,4)
		ND	28,2	2,9	(22,5 - 33,9)
	90°	D	29,9	2,9	(24,1 - 35,6)

Controle	30°	ND	30,9	2,9	(25,1 - 36,6)
		D	5,1	2,9	(-0,6 - 10,8)
		ND	9,2	2,9	(3,4 - 14,9)
	60°	D	20,2	2,9	(14,4 - 25,9)
		ND	27,0	2,9	(21,2 - 32,7)
	90°	D	20,2	2,9	(14,5 - 26)
		ND	27,9	2,9	(22,2 - 33,6)

Abreviações: D: dominante, ND: não dominante

Tabela 3. ANOVA de três fatores mistos para avaliar o efeito do grupo, ângulo proposto e lado sobre o erro angular médio.

Fator	F	P*
Lado	7,322	0,016
Lado*Grupo	8,779	0,009
Ângulo	48,029	< 0,001
Ângulo*Grupo	1,42	0,257
Lado*Ângulo	0,299	0,744
Lado*Ângulo*Grupo	0,168	0,846

*Teste F, assumindo esfericidade testada pelo teste de Levene.

Figura 8. Análise gráfica dos efeitos dos fatores sobre o erro angular médio.

Após a realização da ANOVA, observamos que se consideramos independentemente o lado de domínio dos indivíduos, ignorando o grupo ao qual pertence e o ângulo proposto na atividade, notamos um efeito significativo ($p=0,016$) sobre o erro angular, sendo que a mudança de direção realizada para o lado não dominante apresenta, em média, um maior erro angular ($18,6^\circ$ vs $21,5^\circ$). No entanto, notamos que este efeito não se comporta da mesma maneira entre os dois grupos (jogadores/controle), mostrando assim um efeito de interação significativo ($p=0,009$) entre o lado e o grupo. Sendo assim, a diferença entre os lados em relação ao erro angular médio é maior no grupo controle ($15,2^\circ$ vs $21,3^\circ$) do que entre os jogadores ($21,9^\circ$ vs $21,7^\circ$). Foi possível também, observar um efeito significativo ($p < 0,001$) do ângulo proposto na atividade sobre o erro angular cometido, quando este é considerado independentemente do lado de domínio e do grupo, sendo que o erro médio aumenta com o ângulo proposto ($6,6^\circ$ vs $26,6^\circ$ vs $27,2^\circ$). Numa análise Post-Hoc com correção de Bonferroni, observamos que a referida diferença é significativa ($p < 0,001$) entre os ângulos 30° e 60° , 30° e 90° , não apresentando diferença entre os dois últimos ângulos propostos. Ressaltamos ainda, que a análise do efeito independente do ângulo proposto é pertinente, pois não foi verificado um efeito de interação com o grupo ($p=0,257$), nem com o lado de domínio ($p=0,744$) e nem

com o grupo e o lado simultaneamente ($p = 0,846$), ou seja, o efeito do ângulo independe do lado dominante e do grupo do indivíduo (Tabela 2 e 3, Figura 8).

Tabela 4. Análise descritiva da velocidade de acordo com as estimativas marginais.

Fator		Velocidade de execução		IC95%
		Média	Erro Padrão	
Grupo				
	Jogador	4,2	0,1	(4,0 - 4,4)
	Controle	3,6	0,1	(3,5 - 3,8)
Ângulo				
	30° (a)	5,0	0,1	(4,8 - 5,2)
	60° (b)	4,2	0,1	(3,9 - 4,4)
	90° (b)	2,6	0,1	(2,3 - 2,8)
Lado				
	Dominante	3,9	0,1	(3,7 - 4,1)
	Não dominante	3,9	0,1	(3,7 - 4,1)
Grupo * Ângulo				
Jogador	30°	5,2	0,2	(4,9 - 5,5)
	60°	4,5	0,2	(4,1 - 4,8)
	90°	2,9	0,2	(2,6 - 3,2)
Controle	30°	4,8	0,2	(4,5 - 5,1)
	60°	3,9	0,2	(3,5 - 4,2)
	90°	2,3	0,2	(1,9 - 2,6)
Grupo * Lado				
Jogador	D	4,3	0,1	(4,0 - 4,5)
	ND	4,1	0,1	(3,9 - 4,4)
Controle	D	3,5	0,1	(3,3 - 3,8)
	ND	3,7	0,1	(3,5 - 4,0)
Ângulo * Lado				
30°	D	5,0	0,2	(4,7 - 5,3)
	ND	5,0	0,2	(4,7 - 5,3)
60°	D	4,1	0,2	(3,8 - 4,4)
	ND	4,2	0,2	(3,9 - 4,5)
90°	D	2,6	0,2	(2,3 - 2,9)
	ND	2,5	0,2	(2,2 - 2,9)
Grupo * Ângulo * Lado				
Jogador	30°	D	5,3	(4,8 - 5,8)
	60°	ND	5,1	(4,7 - 5,6)
		D	4,6	(4,2 - 5,1)

Controle	90°	ND	4,3	0,2	(3,9 - 4,8)
		D	2,9	0,2	(2,4 - 3,3)
		ND	2,9	0,2	(2,4 - 3,3)
	30°	D	4,7	0,2	(4,3 - 5,2)
		ND	4,9	0,2	(4,4 - 5,3)
	60°	D	3,6	0,2	(3,1 - 4,0)
		ND	4,1	0,2	(3,7 - 4,6)
	90°	D	2,3	0,2	(1,9 - 2,8)
		ND	2,2	0,2	(1,7 - 2,6)

Tabela 5. ANOVA de três fatores mistos para avaliar o efeito do grupo, ângulo proposto e lado de domínio sobre a velocidade média de execução.

Fator	F	P*
Lado	7,322	0,768
Lado*Grupo	8,779	0,036
Ângulo	48,029	< 0,001
Ângulo*Grupo	1,42	0,809
Lado*Ângulo	0,299	0,722
Lado*Ângulo*Grupo	0,168	0,089

*Teste F, assumindo esfericidade testada pelo teste de Levene.

Figura 9. Análise gráfica dos efeitos dos fatores sobre a velocidade média de execução.

Realizando a referida análise para identificar os efeitos sobre a velocidade de execução das atividades, descrito nas Tabelas 4 e 5, observamos que o lado de domínio dos indivíduos não causa, independentemente, um efeito significativo ($p = 0,768$). No entanto, quando há interação com o grupo este apresenta um efeito significativo ($p = 0,036$) sobre a velocidade de execução, ou seja, o lado de domínio causa efeito diferente sobre a velocidade de execução a depender do grupo ao qual o indivíduo pertence. Dessa forma, observamos que apesar da diferença entre as velocidades médias nos lados serem a mesma nos dois grupos (0,2), no grupo de jogadores a velocidade é maior no lado dominante (4,3 vs 4,1) mas no grupo controle a velocidade média de execução é maior quando executada do lado não dominante (3,5 vs 3,7), conforme mostrado na inversão das linhas na Figura 9. Semelhante ao observado nas análises dos erros angulares, notamos também um efeito significativo ($p < 0,001$) do ângulo proposto na atividade sobre a velocidade de execução, quando este é considerado independentemente do lado de domínio e do grupo, mostrando neste caso um decréscimo (5,0 vs 4,2 vs 2,6) da velocidade média com o aumento do ângulo. Ao realizar a análise Post-Hoc com correção de Bonferroni, observamos que a velocidade média de execução se difere significativamente ($p < 0,001$) entre todos os ângulos propostos. Tal efeito, pode ser interpretado independentemente,

pois não foi verificado um efeito de interação com o grupo ($p=0,809$), nem com o lado de domínio ($p=0,722$) e nem com o grupo e o lado simultaneamente ($p =0,089$) (Tabela 4 e 5, Figura 9).

7. *Discussão*

7. DISCUSSÃO

A capacidade de mudar de direção com eficiência é fundamental para o sucesso nos esportes multidirecionais. O entendimento sobre as variáveis biomecânicas da mudança de direção (ângulo e velocidade) e suas interações fornecem valiosos subsídios para: interpretação de pesquisas biomecânicas; técnicas de treinamento das mudanças de direção; projeto e prescrição de programas de treinamento para melhora da performance e prevenção de lesões; triagem da técnica das mudanças de direção; dosificação da intensidade das mudanças de direção. (DOS'SANTOS et al., 2018).

Sabe-se que o ângulo e a velocidade da mudança de direção são fatores críticos que influenciam diretamente a carga sobre as articulações do joelho, cinética e cinemática do corpo inteiro, características da força de reação do solo, ativação muscular, velocidade do centro de massa, desaceleração e propulsão, execução técnica de tarefas, entre outros fatores (BESIER et al., 2001; CONDELLO et al., 2016; HADER; PALAZZI; BUCHHEIT, 2015; HAVENS; SIGWARD, 2015b).

A proposta deste estudo foi examinar as repercussões cinemáticas do centro de massa durante tarefas de mudança de direção a 30°, 60° e 90° em praticantes e não praticantes de futebol de salão. Nossos achados demonstram que quanto mais fechado o ângulo de mudança de direção maiores erros angulares ocorrem na realização da tarefa e que quanto maior o ângulo de curvatura menor a velocidade de realização da tarefa. Essas descobertas forneceram informações importantes para o entendimento sobre a trajetória do centro de massa em diferentes ângulos e velocidades e as possíveis repercussões na dinâmica corporal, ajudando assim a construção de um referencial teórico mais robusto acerca do tema proposto.

Inúmeras investigações biomecânicas foram conduzidas na tentativa de elucidar as dúvidas inerentes sobre mudanças de direção em ângulos específicos, motivadas principalmente pelo fato das mudanças de direção serem o mecanismo primordial na gênese de lesões do ligamento cruzado anterior (DOS'SANTOS et al., 2018). Estudos prévios demonstraram que, independente da angulação, a trajetória real da mudança de direção realizada pelos participantes não era a mesma da angulação solicitada, mesmo os participantes sendo instruídos a realizar uma mudança de direção com guias de demarcação no solo (BESIER et al., 2001; CONDELLO et al., 2016; DAVID et al., 2017; SUZUKI et al., 2014; VANRENTERGHEM et al., 2012; WYATT et al., 2019).

Nossos achados evidenciam a existência de efeito significativo ($p < 0,001$) do ângulo proposto na atividade sobre o erro angular cometido, sendo que o erro médio aumenta com o ângulo proposto (6,6° vs 26,6° vs 27,2°) e a referida diferença se apresenta entre os ângulos 30°

e 60°, 30° e 90° e sem diferença entre 60° e 90°. Porém, é importante frisar sobre a variabilidade metodológica dos estudos, que dificulta a comparação, devido as distintas modulações nos métodos de determinação da mudança de direção, angulações, velocidades, ambientes, amostra e técnicas de execução das mudanças de direção avaliadas.

A literatura mostra estudos que examinaram ângulos de mudança de direção em velocidades supra máximas, como o de Besier et al. (2001), mostrando que em velocidade de 3m/s o side step com a intenção de ser realizado a 60° foi realizado a 56.4°, o mesmo foi relatado por Vanrenterghem et al. (2012), que foi além, analisando o side step a 45° em 2, 3, 4 e 5m/s cujos ângulos reais de mudança de direção foi respectivamente 34.9°, 29.4°, 23.8° e 17.5° e confirmados pelo trabalho de Rovin et al. (2014) que estudou as angulações de 30°, 60°, 90°, 120°, 150° e 180° em duas velocidades distintas, a 2,7m/s e 4.1m/s e reportou as seguintes angulações na velocidade de 2,7m/s respectivamente 7.5°, 10.7°, 15.0°, 16.2°, 9.6° e 1.5°, já na velocidade de 4.1m/s as angulações realizadas foram 6.9°, 12.7°, 14.6°, 7.0°, 8.3°, 3.2°. Estas informações, mesmo havendo discrepância relativa à velocidade de execução comparativamente ao nosso estudo, são consistentes e consonantes com nossos achados.

Em contrapartida, outros trabalhos que embasam as pesquisas sobre o assunto e que realizaram as mudanças de direção em velocidades máximas, ou seja, similar ao nosso estudo, reportaram resultados análogos, como os de Condello et al. (2016) que solicitou o side step a 120° (interno) e verificou o ângulo real de 150° (interno). SUZUKI et al. (2014) testou a 90° com duas técnicas distintas, o side step e o crossover cut, obtendo respectivamente 40.5° e 33.0° e Daivid et al. (2017) que estudou o side step a 90° e verificou a execução real de 75.6°. Nosso estudo também utilizou velocidades máximas de execução e também compartilhou dos mesmos resultados dos estudos supracitados, sendo importante salientar que demandas biomecânicas muito evidentes se apresentam quando a mudança de direção é efetuada em angulações mais fechadas, principalmente relacionadas ao tempo de contato com o solo, ativação muscular e gasto energético, carga relativa nos membros inferiores, cinética e cinemática articular, velocidade e desaceleração do centro de massa e relação ângulo-velocidade (DOS SANTOS et al., 2018).

Mediante ao exposto anteriormente sugere-se uma possível relação entre ângulo e velocidade, onde, a velocidade durante a mudança de direção vai reduzindo conforme os ângulos de mudança se tornam mais fechados (VANRENTERGHEM et al., 2012), influenciada pelas diferenças cinéticas nas articulações e segmentos durante as fases de desaceleração e reaceleração nos diferentes ângulos (HAVENS; SIGWARD, 2015a). Em contrapartida, maiores alterações biomecânicas são observadas (posturas de membros inferiores e corpo

inteiro e consequente carga na articulação do joelho) com aumento do ângulo de mudança (BESIER et al., 2001; HAVENS; SIGWARD, 2015a).

Também encontramos diferenças significativas na dominância ($p=0,016$), onde, a mudança de direção realizada para o lado não dominante apresenta, em média, um maior erro angular ($18,6^\circ$ vs $21,5^\circ$). Acredita-se que a técnica escolhida na maioria das mudanças de direção (side step), onde a mudança de direção é efetuada contra lateralmente ao pé que realiza o último contato no solo antes da mudança de direção, tenha influenciado devido a menor performance nas variáveis (momento pico excêntrico e concêntrico; co-contrações) dos músculos (vastos, glúteo máximo, glúteo médio, sóleo, gastrocnêmio, isquiotibiais) relacionados a uma mudança de direção melhor sucedida (MANIAR et al., 2019; SUZUKI et al., 2014) explicitando menor capacidade de absorver forças associadas as fases de desaceleração e consequentes forças de propulsão (DOS'SANTOS et al., 2018).

A literatura reporta ainda que indivíduos com melhor desempenho em tarefas de mudança de direção são considerados atletas de melhor nível (MARSHALL et al., 2014; SLIMANI; NIKOLAIDIS, 2017). Neste sentido, nosso estudo verificou um efeito de interação significativo ($p=0,009$) entre o lado e o grupo. Onde, a diferença entre os lados em relação ao erro angular médio é maior no grupo controle ($15,2^\circ$ vs $21,3^\circ$) do que no grupo jogadores ($21,9^\circ$ vs $21,7^\circ$). Uma possibilidade para esses achados reside no tempo de prática da modalidade, o fato de uma maior exposição a treinamentos e às necessidades motoras inerentes ao esporte praticado faz com que os atletas lancem mão de estratégias mais eficazes para realizar as mudanças de direção (BEDO, 2017).

No quesito velocidade, diversos estudos foram conduzidos na tentativa de elucidar as implicações que diferentes velocidades têm nas mudanças de direção, pelo fato de a velocidade ser um elemento crítico que influencia grandemente outras variáveis biomecânicas. Estes estudos foram feitos com velocidades variando entre 3m/s até 7m/s e em velocidades máximas (DAI et al., 2019; KIMURA; SAKURAI; SCIENCE, 2013; KRISTIANSUND et al., 2014; NEDERGAARD; KERSTING; LAKE, 2014; VANRENTERGHEM et al., 2012), e os achados corroboram nosso estudo que apontou efeito significativo ($p < 0,001$) do ângulo proposto sobre a velocidade de execução, mostrando um decréscimo ($5,0\text{m/s}$ vs $4,2\text{m/s}$ vs $2,6\text{m/s}$) da velocidade média com o aumento do ângulo, ou seja, quanto mais fechado o ângulo de mudança de direção menor a velocidade de execução da tarefa. Guardadas as diferenças na amostra, nos ângulos testados, nas velocidades e no método de determinação da velocidade. Assim como relatado em nosso estudo, Schreurs; Benjaminse; Lemmink (2017) e Rouissi et al. (2016)

também demonstraram reduções significativas na velocidade de execução da tarefa à medida que o ângulo de mudança de direção aumentava (45°, 90°, 135° e 180°) e consequente aumento no tempo de conclusão (ROUISSI et al., 2016; SCHREURS; BENJAMINSE; LEMMINK, 2017).

Além disso, encontramos também diferenças significativas ($p=0,036$) sobre a velocidade de execução e o lado de domínio entre os grupos, onde, no grupo de jogadores a velocidade média é maior quando realizada a mudança para o lado dominante (4,3m/s vs 4,1m/s) e no grupo controle a velocidade média de execução é maior do lado não dominante (3,5m/s vs 3,7m/s). A hipótese aventada para tal discrepância seria o nível de treinabilidade conforme descrito por Bedo (2017) e as melhoras físicas inerentes aos treinamentos, como melhoras na desaceleração realizada pelo penúltimo contato antes da mudança de direção que facilita mudanças de direção mais efetivas em velocidades maiores (KIMURA; SAKURAI; SCIENCE, 2013; NEDERGAARD; KERSTING; LAKE, 2014). Neste sentido, Jones et al. (2017) sinaliza que a minimização no declínio da velocidade de entrada e saída em uma mudança de direção seria o mais adequado para uma performance superior. Seus resultados mostraram que indivíduos com maior capacidade de desaceleração são excentricamente mais fortes e com isso conseguem reduzir o tempo de contato com o solo durante as mudanças de direção (JONES et al., 2017). Portanto, a combinação de desaceleração mais eficaz e tempo de contato com o solo reduzido parecem explicar os menores tempos de conclusão das tarefas de mudança de direção em angulações mais fechadas (HADER; PALAZZI; BUCHHEIT, 2015).

Notórias manifestações biomecânicas ocorrem em velocidades aumentadas como descrito por Vanrenerghem et al. (2012) e confirmado por Kristianslund et al. (2014), dentre elas as cargas sobre a articulação do joelho, representada pelo aumento do estresse valgo e pico de momento em abdução no joelho. Em contrapartida, mudanças direcionais em velocidades reduzidas diminuem estas cargas, mas comprometem a performance da tarefa de mudança de direção, explicitando um conflito entre performance e lesão, portanto, um equilíbrio entre essas condições se faz necessário e mais pesquisas devem ser feitas sobre modalidades de treinamento mais eficazes para otimizar o desempenho nas mudanças de direção ao mesmo tempo em que minimizam as cargas na articulação do joelho (DOS'SANTOS et al., 2018).

8. Conclusão

8. CONCLUSÃO

Jogadores e não jogadores da modalidade futebol de salão apresentaram alguns padrões cinemáticos diferentes durante a execução de mudanças de direção.

Ambos grupos exibiram erros angulares, independente de lado e do ângulo de mudança proposto.

Houve diferença do erro angular entre os ângulos 30° e 60°, 30° e 90°, não apresentando diferença entre 60° e 90°.

Notou-se também interação entre lado e grupo, no entanto, este efeito não se comporta da mesma maneira entre os dois grupos (jogadores/controle).

A velocidade de execução depende do grupo ao qual o indivíduo pertence, no grupo de jogadores a velocidade é maior no lado dominante e no grupo controle a velocidade média de execução é maior quando do lado não dominante.

Verificou-se que a velocidade média de execução se difere significativamente entre todos os ângulos propostos, reduzindo conforme aumenta as angulações.

Para aprimoramento da modalidade, faz-se necessário aumentar o corpo de evidências científicas e o conhecimento em todas as nuances que o permeia, passando pelos aspectos táticos, técnicos e físicos. Deste modo, sugere-se que novos estudos sejam realizados buscando melhor compreensão das interações entre ângulo e velocidade nas mudanças de direção, para que, seja possível o desenvolvimento de melhores e mais efetivos programas de treinamento e programas de prevenção de lesões inerentes. Além disso, indica-se que novos estudos sejam conduzidos para melhor entendimento da cinemática durante as mudanças de direção em variações mais amplas de velocidade e ângulo.

Referências

REFERÊNCIAS

- ALENTORN-GELI, Eduard et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy**, v. 17, n. 7, p. 705-729, 2009.
- AN, Bora; WOO, Youngkeun. Center of mass with the use of smartphone during walking in healthy individuals. **Journal of physical therapy science**, v. 29, n. 8, p. 1426-1428, 2017.
- BARBERO-ALVAREZ, J. C. et al. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. **Journal of sports sciences**, v. 26, n. 1, p. 63-73, 2008.
- BEATO, Marco et al. Evaluation of the external and internal workload in female futsal players. **Biology of sport**, v. 34, n. 3, p. 227, 2017
- BEDO, Bruno Luiz de Souza. **Análise cinemática, cinética e eletromiográfica da articulação do joelho durante a mudança de direção e execução do arremesso do handebol**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BENVENUTI, Cinzia et al. Agility assessment in female futsal and soccer players. **Medicina**, v. 46, n. 6, p. 415, 2010.
- BESIER, THOR F. et al. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 7, p. 1168-1175, 2001.
- CASTAGNA, Carlo et al. Match demands of professional Futsal: a case study. **Journal of Science and medicine in Sport**, v. 12, n. 4, p. 490-494, 2009.
- COH, Milan et al. Are Change-of-Direction Speed and Reactive Agility Independent Skills Even When Using the Same Movement Pattern?. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 1929-1936, 2018.
- CONDELLO, Giancarlo et al. Biomechanical analysis of a change-of-direction task in college soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 11, n. 1, p. 96-101, 2016.
- DAI, Boyi et al. The effect of performance demands on lower extremity biomechanics during landing and cutting tasks. **Journal of sport and health science**, v. 8, n. 3, p. 228-234, 2019.
- DAVID, Sina et al. Identification and risk estimation of movement strategies during cutting maneuvers. **Journal of science and medicine in sport**, v. 20, n. 12, p. 1075-1080, 2017.
- DAVID, Sina et al. Understanding cutting maneuvers—The mechanical consequence of preparatory strategies and foot strike pattern. **Human movement science**, v. 62, p. 202-210, 2018.
- DEMPSEY, Alasdair R. et al. Changing sidestep cutting technique reduces knee valgus loading. **The American journal of sports medicine**, v. 37, n. 11, p. 2194-2200, 2009.
- DOGRAMACI, Sera N.; WATSFORD, Mark L.; MURPHY, Aron J. Time-motion analysis of international and national level futsal. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 646-651, 2011.

DOS' SANTOS, Thomas et al. Assessing asymmetries in change of direction speed performance: Application of change of direction deficit. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 11, p. 2953-2961, 2019.

DOS'SANTOS, Thomas et al. The effect of angle and velocity on change of direction biomechanics: An angle-velocity trade-off. **Sports medicine**, v. 48, n. 10, p. 2235-2253, 2018.

EMMONDS, Stacey et al. Importance of physical qualities for speed and change of direction ability in elite female soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 6, p. 1669-1677, 2019.

FESSI, Mohamed S. et al. Straight-line and change-of-direction intermittent running in professional soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 13, n. 5, p. 562-567, 2018.

FIORILLI, Giovanni et al. Are change of direction speed and reactive agility useful for determining the optimal field position for young soccer players?. **Journal of sports science & medicine**, v. 16, n. 2, p. 247, 2017.

FLOYD, R.; THOMPSON, C. Manual of Structural Kinesiology. : McGraw-Hill Education 2011.

FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica**. João José Saraiva da Fonseca, 2002.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GORAL, Kemal. Examination of agility performances of soccer players according to their playing positions. **The Sport Journal**, v. 1, 2015.

GOROSTIAGA, Esteban M. et al. Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. **European journal of applied physiology**, v. 106, n. 4, p. 483-491, 2009.

HADER, Karim; PALAZZI, Dino; BUCHHEIT, Martin. Change of direction speed in soccer: How much braking is enough?. **Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology**, v. 47, n. 1, p. 67-74, 2015.

HAVENS, Kathryn L.; SIGWARD, Susan M. Joint and segmental mechanics differ between cutting maneuvers in skilled athletes. **Gait & posture**, v. 41, n. 1, p. 33-38, 2015.

HAVENS, Kathryn L.; SIGWARD, Susan M. Whole body mechanics differ among running and cutting maneuvers in skilled athletes. **Gait & posture**, v. 42, n. 3, p. 240-245, 2015.

HAVENS, Kathryn L.; SIGWARD, Susan M. Cutting mechanics: relation to performance and anterior cruciate ligament injury risk. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 4, p. 818-824, 2015.

JONES, Paul; BAMPOURAS, Theodoros; MARRIN, Kelly. An investigation into the physical determinants of change of direction speed. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 49, n. 1, p. 97-104, 2009.

JONES, Paul A. et al. The role of eccentric strength in 180 turns in female soccer players. **Sports**, v. 5, n. 2, p. 42, 2017.

KIMURA, Kenji; SAKURAI, Shinji. A sidestep cut preparation strategy decreases the external load applied to the knee joint. **International Journal of Sport and Health Science**, p. 201309, 2013.

KRISTIANSUND, Eirik et al. Sidestep cutting technique and knee abduction loading: implications for ACL prevention exercises. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 9, p. 779-783, 2014.

LAFOND, D.; DUARTE, M.; PRINCE, F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. **Journal of biomechanics**, v. 37, n. 9, p. 1421-1426, 2004.

MANIAR, Nirav et al. Lower-limb muscle function during sidestep cutting. **Journal of biomechanics**, v. 82, p. 186-192, 2019.

MARSHALL, Brendan M. et al. Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 10, p. 2845-2851, 2014.

MATLÁK, János; TIHANYI, József; RÁCZ, Levente. Relationship between reactive agility and change of direction speed in amateur soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 6, p. 1547-1552, 2016.

MEDINA, Javier Álvarez et al. Necessitats cardiovasculars i metabòliques del futbol sala: anàlisi de la competició. **Apunts. Educació física i esports**, v. 1, n. 67, p. 45-51, 2002.

NASER, Naser; ALI, Ajmol; MACADAM, Paul. Physical and physiological demands of futsal. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 15, n. 2, p. 76-80, 2017.

NAVAB MOTLAGH, Fateme; ARSHI, Ahmed Reza. Symmetry comparison between sacrum and center of mass during walking. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine**, v. 230, n. 7, p. 682-689, 2016

NEDERGAARD, Niels Jensby; KERSTING, Uwe; LAKE, Mark. Using accelerometry to quantify deceleration during a high-intensity soccer turning manoeuvre. **Journal of sports sciences**, v. 32, n. 20, p. 1897-1905, 2014.

OLIVEIRA, Anderson Souza et al. Balance training enhances motor coordination during a perturbed sidestep cutting task. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 47, n. 11, p. 853-862, 2017.

POJSKIC, Haris et al. Reliability, Validity and Usefulness of a New Response Time Test for Agility-Based Sports: A Simple vs. Complex Motor Task. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 18, n. 4, p. 623, 2019.

RAMOS-CAMPO, Domingo Jesús et al. Physical performance of elite and subelite Spanish female futsal players. **Biology of sport**, v. 33, n. 3, p. 297, 2016.

RATAMESS, Nicholas A. ACSM's foundations of strength training and conditioning. **Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins**, 2011.

ROUISSI, Mehdi et al. Effect of leg dominance on change of direction ability amongst young elite soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 6, p. 542-548, 2016.

SCHREURS, Mervin J.; BENJAMINSE, Anne; LEMMINK, Koen APM. Sharper angle, higher risk? The effect of cutting angle on knee mechanics in invasion sport athletes. **Journal of biomechanics**, v. 63, p. 144-150, 2017.

SEKULIC, Damir et al. Importance of agility performance in professional futsal players; Reliability and applicability of newly developed testing protocols. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 18, p. 3246, 2019.

SERPELL, Benjamin G.; YOUNG, Warren B.; FORD, Matthew. Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 5, p. 1240-1248, 2011.

SHEPPARD, J. M. et al. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. **Journal of science and medicine in sport**, v. 9, n. 4, p. 342-349, 2006.

SLIMANI, Maamer; NIKOLAIDIS, Pantelis Theodoros. Anthropometric and physiological characteristics of male Soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, p. 07950-6, 2017.

SUZUKI, Yuta et al. Comparison of support leg kinetics between side-step and cross-step cutting techniques. **Sports biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 144-153, 2014.

TAYLOR, Jeffrey B. et al. Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. **Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 2533-2551, 2017.

TORRES-TORRELO, Julio; RODRÍGUEZ-ROSELL, David; GONZÁLEZ-BADILLO, Juan José. Light-load maximal lifting velocity full squat training program improves important physical and skill characteristics in futsal players. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 10, p. 967-975, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VANRENTERGHEM, Jos et al. The effect of running speed on knee mechanical loading in females during side cutting. **Journal of biomechanics**, v. 45, n. 14, p. 2444-2449, 2012.

WINTER, David A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait & posture**, v. 3, n. 4, p. 193-214, 1995.

WYATT, Hannah et al. Whole-body control of anticipated and unanticipated sidestep manoeuvres in female and male team sport athletes. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 19, p. 2263-2269, 2019.

YOUNG, W. B. et al. Is muscle power related to running speed with changes of direction?. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 42, n. 3, p. 282-288, 2002.

Apêndices

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar do estudo intitulado “Análise cinemática e comportamento do centro de massa em jogadores de futebol durante tarefa de mudança de direção”.

No futebol, a mudança de direção descrita como a habilidade de desacelerar, mudar a direção de um movimento e acelerar novamente em uma nova direção, e é uma habilidade determinante no desempenho do jogo.

Devido a importância das mudanças de direção no futebol, objetivamos com o presente estudo investigar como o corpo se comporta durante as mudanças de direção em 30°, 60° e 90° em jogadores profissionais e amadores. Esta pesquisa não trará nenhum benefício direto, porém, esperamos que ela traga benefícios indiretos, tendo em vista que auxiliará os profissionais responsáveis a elaborar estratégias para prevenção de lesões e melhora da performance dos praticantes da modalidade, crescimento social e intelectual, além da difusão do conhecimento.

Portanto, se você concordar em participar do estudo, alguns testes serão realizados. Inicialmente você realizará uma avaliação antropométrica (massa e altura).

Em seguida, ocorrerá o teste de mudança de direção, o teste será executado em ambiente aberto. O teste consistirá em correr o mais rápido possível por 10 metros, mudar de direção e correr mais 5 metros o mais rápido possível também. Serão realizados 3 tentativas em cada direção para cada lado, totalizando 18 corridas.

Antes das tentativas você realizará 10 minutos de aquecimento geral envolvendo corrida em velocidade moderada e exercícios específicos de mudança de direção.

Durante o teste eletrodos e marcadores serão fixados na sua pele. É um procedimento indolor e permitirá coletar os dados necessários para a pesquisa. Todos os procedimentos dos testes acontecerão nas dependências da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto na Universidade de São Paulo e os testes levarão cerca de 1 hora para serem realizados.

Os riscos para participação nesta pesquisa são mínimos e estão relacionados com eventual queda durante as corridas com mudança de direção e/ou desconfortos inerentes à prática de exercícios de corrida com mudança de direção. Mesmo assim, durante todo experimento uma pessoa permanecerá ao seu lado para eventual auxílio. Você terá direito a reembolso conforme as leis vigentes no país caso ocorra dano decorrente de sua participação

na pesquisa. Além disso, a qualquer momento você poderá pedir para interromper a participação no experimento sem que isso lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização.

A sua participação não é obrigatória. Garantimos que as informações obtidas nessa pesquisa não serão de maneira alguma associadas à sua identidade. Pela sua participação você não receberá qualquer valor em dinheiro e não terá nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida que possa beneficiá-lo. As despesas com transporte serão ressarcidas, caso seja necessário. Caso você aceite participar do estudo deverá assinar este documento de consentimento.

Eu, _____,
declaro que estou devidamente esclarecido sobre os procedimentos envolvidos no estudo intitulado “Análise cinemática e comportamento do centro de massa em jogadores de futebol durante tarefa de mudança de direção” e aceito participar desta pesquisa. Fui informado que os dados do estudo serão utilizados para fins científicos e que minha identidade será mantida em sigilo. Sei que não sou obrigado a participar do estudo, que não terei nenhum prejuízo caso não queira participar e que terei liberdade em retirar meu consentimento a qualquer momento. Estou recebendo uma via deste termo de consentimento. Poderei me informar sobre o andamento do estudo na Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto e sobre dúvidas relacionadas à ética da pesquisa no Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto. Telefone para contato com os pesquisadores: (17) 98122-6332; (16) 3315-0359. Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto: (16) 3315-0494.

Ribeirão Preto, _____ de _____ de 2018.

Assinatura do Participante

Prof. Wodyson Thiago Escriboni Soares
Pesquisador Responsável

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago
Orientador

APÊNDICE B

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE CINEMÁTICA E COMPORTAMENTO DO CENTRO DE MASSA EM JOGADORES DE FUTEBOL DURANTE TAREFA DE MUDANÇA DE DIREÇÃO

Pesquisador: WODYSON THIAGO ESCRIBONI SOARES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 82062017.1.0000.5659

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.583.681

Apresentação do Projeto:

O pesquisador responsável pelo projeto é o aluno de mestrado Wodyson Thiago Escriboni Soares que é orientado pelo Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago.

O propósito do estudo é analisar as variáveis cinemáticas e o comportamento do centro de massa em jogadores de futebol durante a tarefa de mudança de direção em 30°, 60° e 90° e verificar se estas variáveis apresentam relação com testes de desempenho.

Participarão do estudo 20 jogadores de futebol do sexo masculino sendo 10 profissionais (G1) e 10 amadores (G2). A coleta de dados será dividida em duas fases: Testes de Desempenho (TD) e Testes de Mudança de Direção (TMD). Nos TD serão realizadas: a caracterização antropométrica, o Star Excursion Balance Test (SEBT) e o Teste de Salto Contramovimento (CM). Nos TMD serão analisadas as variáveis cinemáticas da corrida com mudança de direção. A tarefa consiste correr o mais rápido possível por 10 metros, mudar de direção e correr mais 5 metros o mais rápido possível. Serão realizadas três testes em cada direção para cada lado, totalizando 18 ensaios, onde serão analisadas as variáveis cinemáticas da corrida com mudança de direção, trajetória de execução da tarefa, postura e inclinação do tronco, ajuste da passada durante a desaceleração e aceleração na nova direção e posicionamento do pé.

Endereço: Avenida Bandeirantes, 3900

Bairro: VILA MONTE ALEGRE

CEP: 14.040-907

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0494

E-mail: cep90@usp.br

Continuação do Parecer: 2.583.681

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Verificar variáveis cinemáticas e comportamento do centro de massa em jogadores de futebol durante a tarefa de mudança de direção em 30°, 60° e 90°.

Objetivo Secundário:

Comparar a performance nos Testes de Desempenho (TD) e no Teste de Mudança de Direção (MD) entre jogadores; Correlacionar o tempo de execução das tarefas de mudança de direção com a trajetória na execução da tarefa; Correlacionar o desempenho nas mudanças de direção com a estabilidade dinâmica, potência dos membros inferiores e força reativa; Analisar a cinemática 3D da corrida com mudança de direção; Verificar as possíveis associações entre as variáveis cinemáticas do movimento nos membros inferiores e tronco e as variáveis de desempenho; Analisar a técnica de execução das mudanças de direção: postura e inclinação do tronco, ajuste da passada durante a desaceleração e aceleração na nova direção e posicionamento do pé;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios estão descritos apropriadamente na folha de informação e no TCLE.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Para que o projeto de pesquisa atenda aos requisitos éticos que constam na Resolução CNS 466/2012 é necessário que o pesquisador esclareça o que foi apontado no item pendências.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os seguintes documentos: a) Folha de rosto assinada pelo pesquisador responsável e pela vice-diretora em exercício na EEFERP-USP; b) Projeto de Pesquisa; c) TCLE

Recomendações:

- Em cada nova versão do TCLE um novo documento deverá ser encaminhado para análise deste CEP, contendo data e versão, em nota de rodapé (Exemplo: VERSÃO02_TCLE_Mês/Ano).
- Orienta-se impressão do TCLE em frente e verso e, quando não for possível, as páginas devem ser enumeradas da seguinte forma: 1/4; 2/4; 3/4; 4/4, nesse caso deve ter um espaço em todas as folhas para as rubricas do pesquisador e participante da pesquisa.
- Destacar as alterações realizadas nos documentos para que elas sejam mais facilmente identificadas pelo CEP.

Endereço: Avenida Bandeirantes, 3900

Bairro: VILA MONTE ALEGRE

CEP: 14.040-907

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0494

E-mail: cep90@usp.br

Continuação do Parecer: 2.583.681

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1- Na folha de informações da plataforma Brasil, o pesquisador descreve na metodologia proposta que: "Participarão voluntariamente do presente estudo jogadores de futebol do sexo masculino residentes no Estado de São Paulo, Brasil (adendo: devido a possível escassez de material humano durante a coleta dos dados a pesquisa poderá incluir participantes do sexo feminino e participantes de categorias de base)". Necessário esclarecer se os participantes da categoria de base terão idade superior a 18 anos e, caso contrário, incluir o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido.

2- O número do telefone fixo descrito no TCLE para contato com os pesquisadores está incorreto.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1024718.pdf	07/01/2018 16:44:50		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Mestrado_Modificado.docx	07/01/2018 16:44:23	WODYSON THIAGO ESCRIBONI SOARES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Modificado.docx	07/01/2018 16:43:00	WODYSON THIAGO ESCRIBONI SOARES	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	09/11/2017 20:44:07	WODYSON THIAGO ESCRIBONI	Aceito

Situação do Parecer:

Pendente

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida Bandeirantes, 3900

Bairro: VILA MONTE ALEGRE

CEP: 14.040-907

UF: SP

Município: RIBEIRÃO PRETO

Telefone: (16)3315-0494

E-mail: cep90@usp.br

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DE
RIBEIRÃO PRETO DA USP

Continuação do Parecer: 2.583.681

RIBEIRAO PRETO, 05 de Abril de 2018

Assinado por:
Carlos Roberto Bueno Júnior
(Coordenador)

Endereço: Avenida Bandeirantes, 3900

Bairro: VILA MONTE ALEGRE

CEP: 14.040-907

UF: SP

Município: RIBEIRAO PRETO

Telefone: (16)3315-0494

E-mail: cep90@usp.br