

Desenvolvimento de um sistema de medidas biomecânicas aplicado à análise do desempenho do chute e prevenção de lesões em jogadores de futebol de campo

Marcelo Guimarães Silva¹

Artigo
Original

Original
Paper

Palavras-Chave:

Biomecânica;
Futebol;
Chute;
Sistema de medidas.

Resumo

Atualmente com a evolução tecnológica, tornou-se cada vez mais importante quantificar o desempenho de movimento do ser humano. O chute no futebol é um gesto técnico bastante estudado. Este estudo teve como objetivo elaborar um sistema de análise biomecânica eficaz da performance motora, através de análise do comportamento de equilíbrio dinâmico por meio de dados cinemático e cinético, atuando no diagnóstico e prevenção de lesões. Foram selecionados quatro atletas com idade entre 16 e 19 anos, instruídos a tentar acertar um alvo distante a 9 metros de cada voluntário. A metodologia proposta demonstrou ser eficaz no registro da performance e na utilização para correção do gesto motor; o comportamento gráfico das curvas apresentaram tendências semelhantes, porém na análise do comportamento do chute os resultados intra-voluntários apresentaram-se mais coerentes do que os resultados inter-voluntários. As maiores divergências para análises inter-voluntários encontraram-se na análise do COP devido ao CM (centro de massa) e características morfológicas diferentes numa análise intra-voluntário demonstrou ser uma ferramenta muito eficaz por mostrar a posição do pé e pressão durante o movimento de chute em todos os ciclos analisados e o comportamento durante o movimento do pé através da aceleração/desaceleração durante o ciclo completo do chute; portanto deve ser aplicada em pesquisas posteriores para diagnosticar e detectar falhas na distribuição do peso corporal durante o chute, e que acarretam lesões por repetibilidade do gesto motor, além de ter mostrado ser uma ferramenta eficaz para o diagnóstico e tratamento de lesões, cuja a estabilidade e precisão dos movimentos são essenciais durante as partidas. A amostra com quatro participantes atingiu os objetivos relacionados às medidas de instrumentação e apresentou resultados coerentes para os avaliados. Os dados das curvas apresentaram-se coerentes à literatura quanto à Fv, à aceleração e ao COP. Identificou-se através do COP a fase de maior oscilação no chute, e através destes dados aliados à análise da aceleração, uma nova ferramenta de análise no ciclo de chute foi utilizada. A análise do equilíbrio foi importante para detectar possíveis correções no movimento e diminuir a sobrecarga nos membros inferiores; estes dados são importantes quando o chute analisado requer precisão, ou quando a necessidade de ajuste corporal é mais exigida.

1. Introdução

No mundo científico, não se admite trabalhar ou desenvolver projetos sem conhecer as possibilidades metodológicas e instrumentais com o pressuposto de uma adequada intervenção experimental; seja para melhorar a performance motora ou para prevenção e diagnóstico de lesões decorrentes da execução repetitiva de um determinado gesto motor.

A biomecânica do esporte permite, entre outras coisas; examinar e avaliar as técnicas utilizadas para monitoramento de movimentos esportivos ou de atividades do cotidiano, identificar os parâmetros mecânicos de rendimento corporal motor, identificar os elementos mecânicos presentes em lesões adquiridas na prática motora, e avaliar equipamentos e peças de vestuário esportivo.

Os estudos da biomecânica esportiva podem ser feitos a partir de observações testes, além de treinos para que o atleta execute os movimentos de maneira correta dentro do ambiente disponível para isso.

Segundo Villardi (2002 apud BARROS e GUERRA, 2004, p. 44) “As lesões mais comuns acometem os membros inferiores (70 a 80%) sendo que a maioria envolvem as articulações do joelho, tornozelo e a musculatura da coxa”.

“O comportamento motor influencia na prevenção das entorses de joelho e principalmente de maléolo, causadas também pelo tipo de piso e pelo calçado do jogador” (RIBEIRO et al; 2007, p.193).

É importante ressaltar que as lesões também podem ocorrer de maneira inesperada e não intencional, ou mesmo, fora do ambiente de treinos e jogos; portanto a prevenção das lesões deve ser estimulada no programa de treinamentos da equipes, com a utilização de instrumentos ou equipamentos que mensurem a capacidade do desempenho motor e a incidência de lesões que podem ocorrer devido a não execução correta do movimento ou da sobrecarga má distribuída nos deslocamentos em diferentes direções, saltos, impulsos, arranques, bloqueios ou fintas que os jogadores executam no decorrer das partidas.

De acordo com estudos realizados por Levanon & Dapena (1998, p.918) os quais estudaram as técnicas mais utilizadas para marcar o gol na Copa do Mundo de 1998, encon-

traram que “o chute com o dorso do pé foi o mais aplicado para cobranças de pênalti”.

O presente estudo trata da análise do chute funcional por meio de instrumentação biomecânica, utilizando parâmetros cinemáticos; ângulo de joelho do pé de apoio, aceleração do pé de balanço, velocidades da bola e parâmetros cinéticos; como forças de contato vertical e centro de pressão plantar. Espera-se com o estudo, detectar algumas falhas existentes nas categorias de base e também das equipes de alto nível, fornecendo ferramentas importantes para o aprimoramento das técnicas do Futebol de Campo, minimizando a má execução dos fundamentos durante uma partida, especificamente do chute; diminuindo o risco de aparecimento de lesões por esforço executado de maneira errada e repetitiva, além da sobrecarga excessiva nos membros inferiores, que podem gerar lesões ligamentares e articulares nas regiões de joelho e tornozelo.

2. Objetivo

Desenvolver um sistema eficaz de medidas biomecânicas, aplicado à análise do desempenho motor e prevenção de lesões do chute funcional com o dorso do pé em jogadores de futebol de campo.

3. Metodologia

Para a aplicação prática da pesquisa foram selecionados quatro atletas, 16 a 19 anos; com uma média de idade, massa corporal e estatura de, respectivamente, $17,5 \pm 1,29$ anos; $69,0 \pm 4,02$ kg e $178,75 \pm 5,85$ cm. Como critério de inclusão, destros para perna dominante, aparentemente saudáveis, sem histórico de lesões articulares ou ligamentares e com experiência prática no futebol de campo no mínimo de cinco anos, frequência de treinamento semanal de quatro a cinco vezes. Como critério de exclusão, os atletas voluntários não poderiam estar em processo de recuperação de qualquer tipo de lesão articular ou ligamentar. Após terem sido informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo, cada voluntário ou responsável, assinou um termo de con-

sentimento livre e esclarecido; aprovado na Comissão de Ética CEP/UNITAU nº 523/08.

Os participantes foram instruídos a tentar acertar um alvo da parede, com dimensões de (2,0m x 2,0m), distante a 9 metros. Cada voluntário realizou três chutes com intervalo aproximado de 3 minutos entre uma execução e outra. Cada chute foi dividido em três fases para posterior análise, a) Fase de aproximação; b) Fase de chute; c) Fase pós-chute.

Após a captura de imagens, os arquivos armazenados em formato (.MPEG) foram desmembrados, utilizando um programa de domínio público KINOVEA® com o objetivo de determinar cinco instantes de chute, 1º) quando o voluntário toca o calcanhar do pé de apoio na plataforma, 2º) momento em que transfere o contato calcanhar ao metatarso, 3º) quando o voluntário realiza a flexão máxima do joelho do membro de chute, 4º) momento do início de contato do pé com a bola e realiza a flexão do membro de apoio; 5º) quando o pé perde contato com a bola. As possíveis inclinações ou rotações da cintura pélvica foram minimizadas por meio da instrução aos voluntários, que executaram o chute com o dorso do pé, mantendo o corpo paralelo à câmera no plano bidimensional. Foram determinados 4 pontos antropométricos e fixados nos pontos de interesse do membro inferior direito de cada voluntário; utilizando marcadores passivos, feitos com esferas de isopor: trocânter maior do fêmur (coxa), côndilo lateral da tíbia (perna), tuberosidade lateral do osso calcâneo (tornozelo) e cabeça do quarto metatarso (pé). A localização para colocação do acelerômetro foi o ponto médio da tíbia. O pé de apoio ou suporte foi monitorado através do centro de pressão (COP), obtido pelas oscilações ântero- posteriores e laterais. Para identificação do ponto ideal para apoio do pé de suporte, a fim de evitar oscilações, um marcador no formato de pé foi fixado sobre a plataforma de força (centro), desta maneira os voluntários sabiam exatamente o local exato que deveriam pisar no momento do contato inicial com a plataforma até o apoio total do pé para execução do chute.

Nesta pesquisa, foi utilizada uma câmera Casio Exilim modelo EX FH-20, com frequência de captação de imagem de 210 Hz, utilizou-se o modo de filmagem HS (high spe-

ed ou alta velocidade) com resolução de 480 x 360 pixels, horizontal e vertical, respectivamente. Para aquisição de dados de forças de contato do membro do apoio e do COP (centro de pressão), foi utilizada uma plataforma de força, desenvolvida e calibrada devidamente no laboratório de Biomecânica (UNESP/Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá/Departamento de Mecânica).

A plataforma de força utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida segundo padrões internacionais de medida com capacidade de carga de 3600 N, com dimensões de 15 x 500 x 500 mm, altura-largura-profundidade. A captação dos sinais de extensômetros foi realizada utilizando um condicionador Spider8, da marca HBM com programa específico CATMAN, frequência de aquisição de 200 Hz. Um acelerômetro do tipo capacitivo, da marca SILICON DESIGNS, modelo: 2210-025, faixa 0 a 25 g, ($g: 1g=9,8m/s^2$), frequência 0-1.000 Hz, sensibilidade em modo single-ended 80 mV/g, tensão de saída 2,5 V.

Quanto à sincronização com a imagem da câmera, um quadro da sequência de imagens foi selecionado manualmente no momento do 1º contato do calcanhar do pé de apoio à plataforma de força.

4. Resultados e Discussão

Conforme os procedimentos experimentais referidos na seção metodologia, os seguintes parâmetros biomecânicos foram registrados: a aceleração tibial da perna de chute, força vertical ou de contato da perna de apoio e centro de pressão plantar (COP).

5. Resultados da Aceleração Tibial

O foco de análise da pesquisa foi o evento todo, porém uma observação importante sobre a aceleração (m/s^2) foi uma tendência do comportamento gráfico de curva semelhante para os voluntários. Os dados apresentados estão em quantidade de aceleração gravitacional (g), lembrando que 1 g equivale a $9,8m/s^2$. Lees e Nolan (1998, p.214) citam em seu trabalho que a aceleração do membro inferior

se eleva progressivamente até momentos antes de ocorrer o impacto do pé com a bola.

As avaliações dos voluntários mostraram, gráfico 1 a 4, que ocorreu a aceleração positiva no início do movimento, sendo que a partir de sua metade uma desaceleração foi notada, fato este que comprova que ao aproximar o pé da bola, a perna de chute encontrou um ponto em que o acelerômetro indicou o valor nulo ou negativo, momento em que a perna quase permanece estática com o pé à frente da bola que equivale à desaceleração da flexão do quadril ficando quase nula e se estendeu até a bola perder contato com o pé. Este comportamento foi devido ao ajuste motor efetuado, o que caracteriza o chute da pesquisa como sendo de acerto do alvo, e não somente executar com potência. A importância desta análise é devido ao fato de a incidência de lesões, tais como: contraturas e estiramentos musculares de quadríceps (coxa) serem maiores no momento em que a perna de chute está desenvolvendo o movimento de chute, ou seja, da flexão para a extensão do joelho, sendo encontrado segundo a literatura pesquisada (SANTOS, 2010, p.2; COHEN e ABDALLA, 2003, p.168; WONG e HONG, 2005, p.478).

Os resultados encontrados foram dentro do esperado para o padrão do movimento, que requereram velocidade de aproximação aliado à destreza de acerto ao alvo. Os gráficos de cada voluntário com o tempo normalizado são apresentados a seguir, sendo o início do tempo normalizado equivalente ao início de contato do pé de apoio com a plataforma e, o fim do tempo normalizado equivalente ao final de contato do pé dominante com a bola (final do chute).

Gráfico 1: Aceleração tibial voluntário A

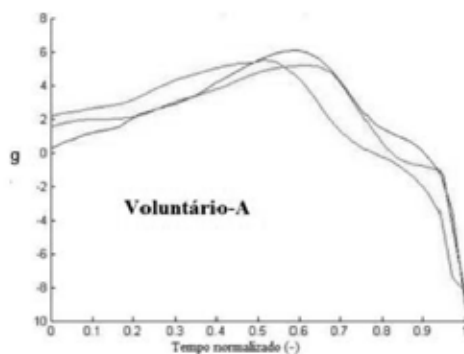


Gráfico 2: Aceleração tibial voluntário B

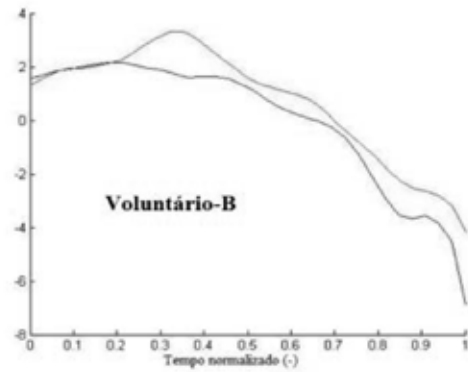


Gráfico 3: Aceleração tibial voluntário C

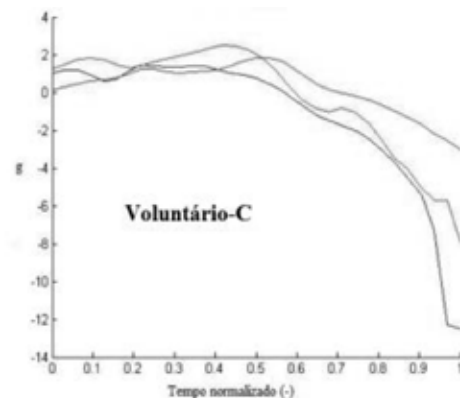
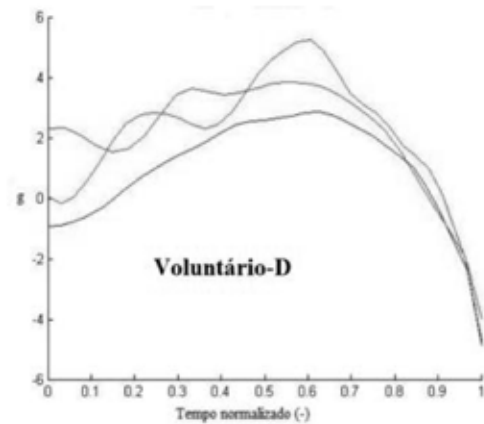


Gráfico 4: Aceleração tibial voluntário D



6. Resultados da força vertical (Fv) do pé de apoio

A força de contato está ligada diretamente com o COP e suas variações, desde a aproximação até o instante em que a bola perde contato do pé do jogador.

Num estudo elaborado por Gerlach et al. (2005 apud TESSUTTI, 2008, p.62) sobre cor-

redoras de elite feminina observou-se um pico de Fv de 1,96 PC (peso corporal) para uma velocidade média de corrida de 2,7 a 4,5 m/s, em diferentes pisos. Kyröläinen et al. (2005, p. 62) encontraram valores de 2,5 PC para o impacto do pé com a plataforma, ou seja no pico de Fv, num estudo sobre os efeitos do treinamento de força na estrutura muscular, após um período de treinamentos específicos. Rodano e Tavana (1993 apud MOREIRA et al. 2004, p. 84) evidenciaram que a máxima magnitude de força produzida pela perna de apoio no momento de chute é da ordem de 3,2 PC (peso corporal). Atingem-se valores médios de (2,69 PC e 1,24 PC) para as componentes vertical e horizontal da força de reação do solo respectivamente. O valor médio da força de reação, no momento em que o pé bate na bola, é de 2,04 PC.

Os resultados de Fv com relação ao tempo normalizado encontram-se nos gráficos 5 a 8. Este procedimento foi tomado para que a relação tempo (s) tornasse padrão para todos os chutes de cada voluntário. Os gráficos apresentam os valores da Fv de cada voluntário para cada chute executado durante o evento analisado, os valores mais elevados da curva representam o(s) pico(s) atingido(s). Os voluntários apresentaram movimento padrão e condizentes com o comportamento motor esperado no chute com o dorso do pé; sendo a fase considerada crucial do gesto motor e prevenção de lesões do joelho, a fase preparatória na estabilização para a execução do chute, o momento em que o pé de apoio fica totalmente apoiado na plataforma e o pé de chute realiza a maior flexão do joelho.

Gráfico 5: Comportamento da Fv do avaliado A

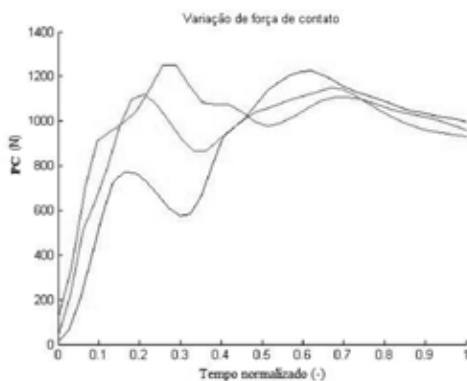


Gráfico 6: Comportamento da Fv do avaliado B

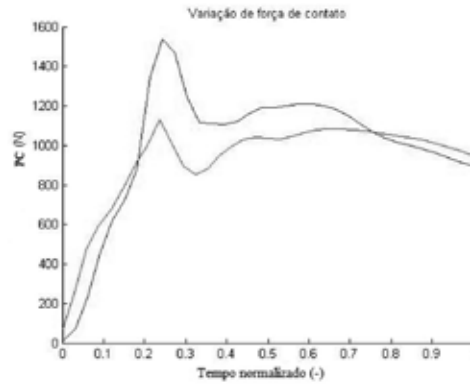


Gráfico 7: Comportamento da Fv do avaliado C

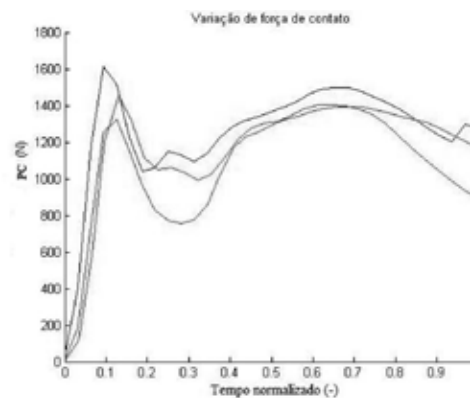
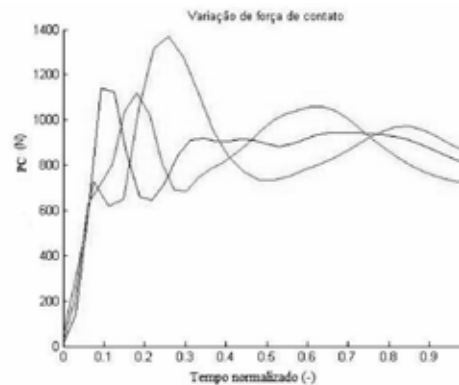


Gráfico 8: Comportamento da Fv do avaliado D



Observou-se que as amostras apresentaram padrões semelhantes de força de pico, representados pelo comportamento gráfico das curvas; destacou-se nas amostras, o momento em que o voluntário apoia a carga do corpo sobre a perna de apoio e o membro de ataque ou de chute é levado para trás.

Esta fase é caracterizada como preparatória na estabilização para a execução do chute, o pé de apoio fica totalmente apoiado na plataforma e o pé de chute realiza a maior flexão do joelho; fase onde são detectadas lesões devido à desaceleração imposta no movimento e ao apoio com a sobrecarga somente numa perna; os riscos de lesões nesta fase são elevados e um trabalho de equilíbrio postural e fortalecimento através de exercícios proprioceptivos e fortalecimento muscular são indicados.

7. Resultados do Histórico e variação do Cop

A literatura existente na área esportiva trata o COP (centro de pressão) em artigos ou pesquisas relacionados com a estabilometria ou equilíbrio postural. Diversas pesquisas analisaram o COP através de posições estáticas em que o avaliado tem que permanecer por um determinado período de tempo na posição ereta. Schmidt et al. (2003, p.137) concluíram que nas oscilações monopodálicas fica evidente a dificuldade em manter a estabilidade lateral em relação à estabilidade ântero- posterior, pois no apoio com apenas um pé, a área de suporte se distribui muito mais ântero- posteriormente do que lateralmente; além da diminuição de toda área de suporte. Almeida et al. (2009, p.77) num estudo sobre COP através de posição estática, verificaram a região do pé sobre a qual estava concentrada a maior sobrecarga. Em sua pesquisa analisaram um grupo de 7 jogadores com menos de 20 anos, observou-se uma tendência de maior descarga de peso na região de antepé, mediopé e retro pé, respectivamente para ambos os pés.

Neste trabalho os resultados obtidos do COP são referentes ao histórico e a variação para os eixos médio-lateral (X) e ântero-posterior (Y), gráficos 9 a 12. A análise do COP é importante para diagnosticar disfunções do equilíbrio, neste caso o dinâmico, pela necessidade do atleta ter o máximo de estabilidade num curto espaço de tempo para realizar o chute. É uma ferramenta de análise biomecânica que deve ser aplicada para obter dados em relação ao apoio e diagnosticar possíveis lesões, principalmente se o atleta está

em processo de recuperação cirúrgica ou em tratamento intensivo para voltar às atividades profissionais.

Gráfico 9: COP referente ao voluntário A

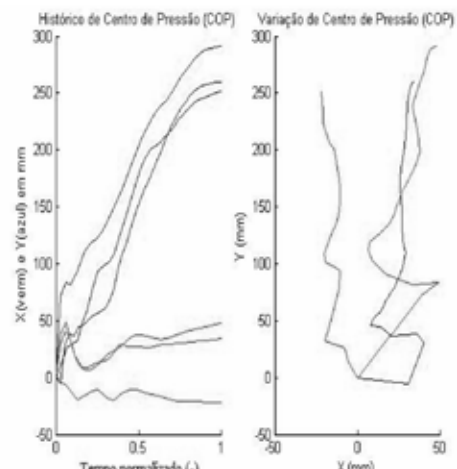


Gráfico 10: COP referente ao voluntário B

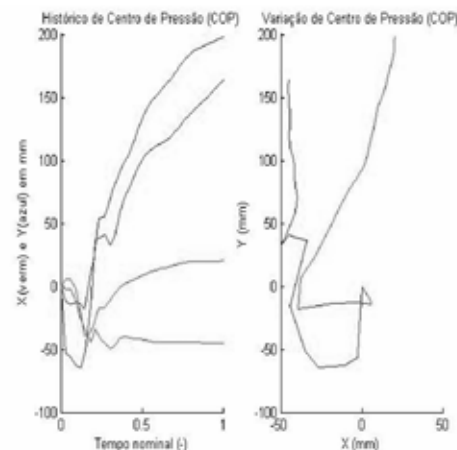
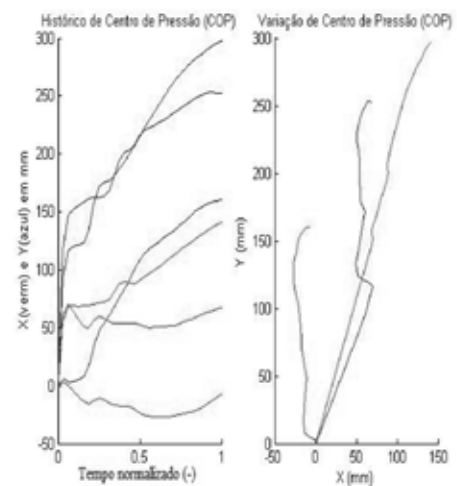
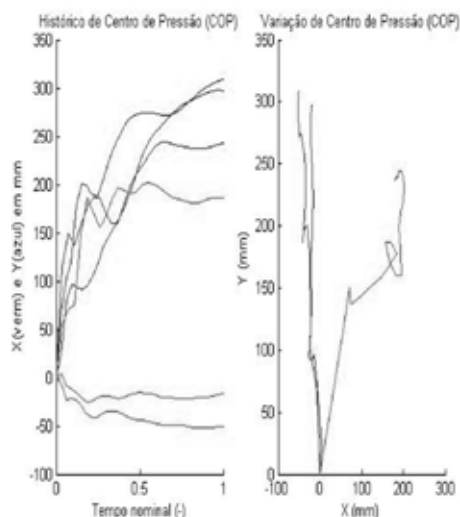


Gráfico 11: COP referente ao voluntário C





Um fator importante a ser considerado para cada voluntário é em relação ao comprimento e largura do pé de cada um, refletindo principalmente na direção Y, portanto não existe um padrão pré-estabelecido para o COP, dependerá das características individuais.

Em relação ao deslocamento do COP, uma tendência foi encontrada para os quatro voluntários, apresentaram transferência de carga da região retropé para antepé, o que reflete nos resultados de Almeida et al. (2009, p.78) para praticantes com tempo menor que dez anos.

As variações do COP demonstraram a importância do estudo do comportamento motor aplicado na prevenção de lesões, este estudo permitiu identificar os pontos críticos de incidência de lesões em membros inferiores tanto para perna apoio quanto para perna de chute. A associação do estudo do COP com o comportamento da aceleração da perna de chute, num sistema de medidas integrado, evidenciou que ao aproximar o pé de chute à bola é necessário que um ajuste postural mais refinado seja colocado em prática, pois desta maneira teremos encontrado um comportamento motor executado com qualidade e uma zona de segurança que permita ao atleta definir o tipo de chute empregado, de potência ou funcional; para cada tipo de chute o grau de exigência e de estabilização será diferente.

8. Conclusão

A metodologia proposta de instrumentação biomecânica no chute, demonstrou ser eficaz no registro da performance e também na utilização para correção do gesto motor em jogadores de futebol de Campo, possibilitando a diminuição dos riscos de lesões.

A metodologia apresentada foi suficiente para comprovação do mecanismo de instrumentação biomecânica que pode ser utilizado, em pequenas ou em grandes amostras; mesmo se tratando de um grupo restrito, os indivíduos da amostra foram representativos.

Os resultados encontrados apresentaram-se coerentes à literatura quanto à Fv; o comportamento gráfico das curvas mostrou-se semelhante quanto à aceleração para os voluntários e através do COP identificou-se oscilações posturais e de apoio nas fases pré, durante e pós- chute; a análise do equilíbrio foi importante para detectar possíveis correções no movimento, estes dados são importantes quando o chute analisado requer precisão, ou quando a necessidade de ajuste corporal é mais exigida.

Novas pesquisas deverão ser realizadas com número maior de amostras, que possuam as mesmas características funcionais de jogo.

9. Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, V.S.; *et al.* Pressão plantar dos jogadores de futebol profissional da Associação Atlética Caldense. *Revista Ciência e Saúde*. Porto Alegre, v. 10, n. especial, p. 76 - 78, 2009.
- BARROS, T.; GUERRA, I. *Ciência do Futebol*. São Paulo: Manole, 2004, 338 p.
- COHEN, M; ABDALLA, R. J. *Lesões nos esportes – Diagnóstico, Prevenção e Tratamento*. Rio de Janeiro: Revinter, 2003, 937 p.
- ISMAIL, A.R. *et al.* Biomechanics analysis for right leg instep Kick. *Journal of applied Sciences*, Pahang, v.10, n. 13, p. 1286 a 1292, abril 2010.

- KYRÖLÄINEN, H.; *et al.* Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. Copenhagen, v.15, n.1, p.58-64, junho 2005.
- LEES, A.; NOLAN, L. Biomechanics of soccer - a review. *Journal of Sports Sciences*. Liverpool, v. 16, n. 2, p. 211-234, abril 1998.
- LEVANON, J.; DAPENA, J. Comparison of the kinematics of the full-instep kick and pass kicks in soccer. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Indianápolis, v. 30, n. 5, p. 917-927, maio 1998.
- MOREIRA, D. *et al.* Abordagem cinesiológica do chute no futsal e suas implicações clínicas. *Revista Brasileira de Ciências e movimento*, Brasília, v.12, n. 2, p. 81 – 85, maio 2004.
- RIBEIRO, R.N. *et al.* Prevalência de lesões no futebol em atletas jovens: estudo comparativo entre diferentes categorias. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 189-94, julho 2007.
- SANTOS, P. B; Lesões no futebol: uma revisão, *Revista Digital*, Buenos Aires, v. 1, n. 143, abril 2010. Disponível em: < <http://www.efdeportes.com/>>. Acesso em: 19 de junho de 2012.
- SCHMIDT, A; *et al.* Análise do equilíbrio corporal estático através da baropodometria eletrônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 13.. 2003, Caxambu. Anais...Caxambu: UFU, 2003. v. 1, p. 135- 142.
- SILVA, M.G. *Instrumentação biomecânica aplicada à análise do desempenho do chute em jogadores de futebol de campo*. 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Mecânica, UNESP, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2010.
- TESSUTTI, V.D. *Distribuição dinâmica de sobrecargas no pé durante a corrida em diferentes tipos de piso*. 2008. 123 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Medicina, Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, FMUSP, Faculdade de Medicina de São Paulo, São Paulo, 2008.
- WONG, P; HONG, Y. Soccer injury in the lower extremities. *British Journal of Sports Medicine*. Hong Kong, v. 39, n. 8, p. 473 – 482, ago