

Análise cinemática da corrida reversa

Kinematic analysis of the reverse run

Dr. Guanís de Barros Vilela Junior^{1,2}

Sarah Von Stockler³

Anie Mariette Duvalier³

1- UNIMEP - Piracicaba - SP

2- METROCAMP – Campinas – SP

3- Centro de Pesquisas em Biomecânica Esportiva – Campinas - SP

Introdução

A biomecânica enquanto área de investigação científica tem como um de seus objetos de estudo, compreender a física do movimento humano locomotor. Os seus métodos mais conhecidos são antropometria, cinemática, cinética, e eletromiografia. A cinemática, utilizada na presente pesquisa, tem como foco as grandezas físicas que descrevem matematicamente as características do movimento tais como posição, velocidade e aceleração, sem se preocupar com as forças que as causaram. Desta forma, a descrição do movimento a partir de parâmetros espaciais e temporais tem sido descrita como análise cinemática (HAY, 1979; OKAZAKI, 2005; HALL, 1991).

Sobre a corrida

Atividade física natural que biomecanicamente apresenta inerente complexidade e a compreensão da mesma nas diferentes situações se torna crucial no que tange a programas de condicionamento físico e reabilitação.

As corridas, progressiva e reversa, são exemplos de movimento generalizado, já que nessas tarefas o tronco frequentemente move-se fundamentalmente de maneira translacional, fruto da ação neutralizadora da movimentação dos membros superiores em oposição aos movimentos dos

membros inferiores. Apesar da ligeira movimentação do centro de gravidade na direção vertical e médio-lateral como resultado dos movimentos angulares realizados nas articulações do quadril, joelho e tornozelo; um bom corredor tenta direcionar toda movimentação na direção da corrida (McGUINNIS, 2002).

A corrida progressiva trata-se da modalidade de corrida mais utilizada e natural; nela o corredor corre para frente, realizando, na maioria das vezes, o contato com o solo, inicialmente, com o calcanhar, seguido da porção do médio pé e finalizando a fase de apoio com o solo com a parte anterior do mesmo. Por sua vez, a corrida retrógrada (ou reversa) é uma modalidade alternativa na qual o sujeito corre para trás, realizando, na maioria das vezes, o contato inicial com o solo com a porção anterior do pé, seguido do médio pé e finalizando a fase de contato com o calcanhar. (Flynn et al., 1993).

Para estudantes de Educação Física e Fisioterapia a compreensão biomecânica de diferentes gestos locomotores envolvidos na corrida progressiva e retrógrada é de grande importância para sua formação. Neste sentido, construir conhecimento de alto nível em biomecânica é de suma importância para a capacitação dos alunos, futuros profissionais na área, em posição de destaque em um mercado de trabalho que exigirá cada vez mais o conhecimento especializado.

O objetivo da presente pesquisa foi analisar cinematicamente a corrida reversa (ou retrógrada) obtendo as posições e velocidades angulares do tornozelo, joelho e quadril.

Revisão da literatura

Estudos realizados por Arata et al. (2000) mostram que a corrida reversa é cinematicamente diferente da corrida progressiva, o que é observável na maior amplitude de movimento do quadril, joelho e tornozelo da corrida progressiva, assim como maior comprimento do passo. Por sua vez a corrida reversa apresenta maior frequência de passos atestando que o comprimento do passo é menor, sendo a diferença mais evidente entre a velocidade dos dois tipos de corrida.

Pesquisa realizada por Walker et al. (2000) que teve como objetivo averiguar as forças compressivas na articulação patelofemural na corrida reversa e progressiva, mostram uma diminuição significativa na força compressiva nessa articulação. Para os autores tal fato é consequência do aumento do torque articular devido a alterações na força de reação do solo. Este aumento do torque articular aponta uma característica óbvia da corrida retrógrada é que o contato com o solo é mais demorado o que acarreta um esforço maior dos membros inferiores na fase da decolagem (perda de contato com o solo) fruto da demanda metabólica maior em uma tarefa (correr para trás) que não faz parte do cotidiano das pessoas, isso, provavelmente, determina uma maior capacidade de controle neuromotor e de geração de energia propulsora nos membros inferiores.

Estudos recentes de Kumar et al. (2009) relativos às mudanças cinemáticas do tronco e membros inferiores da corrida retrógrada em esteira mostram evidências após duas semanas de treinamento em esteira ocorreu uma diminuição nos ângulos do quadril e joelho e um aumento no ângulo da

articulação do tornozelo. Ou seja, antes da corrida retrógrada o ângulo do tornozelo era menor, devido ao gastrocnêmio, um músculo bi articular, que, agindo sobre o joelho para produzir mais flexão, apresentou limitações na articulação do tornozelo.

As forças compressivas na articulação patelofemural ficam reduzidas na corrida retrógrada pois ocorre uma diminuição da velocidade de contato e como sugere estudo realizado por Flynn et al (1995), isso associado ao fortalecimento do quadríceps femoral, tem potencial profilático em sujeitos com a síndrome da dor patelofemural.

Métodos

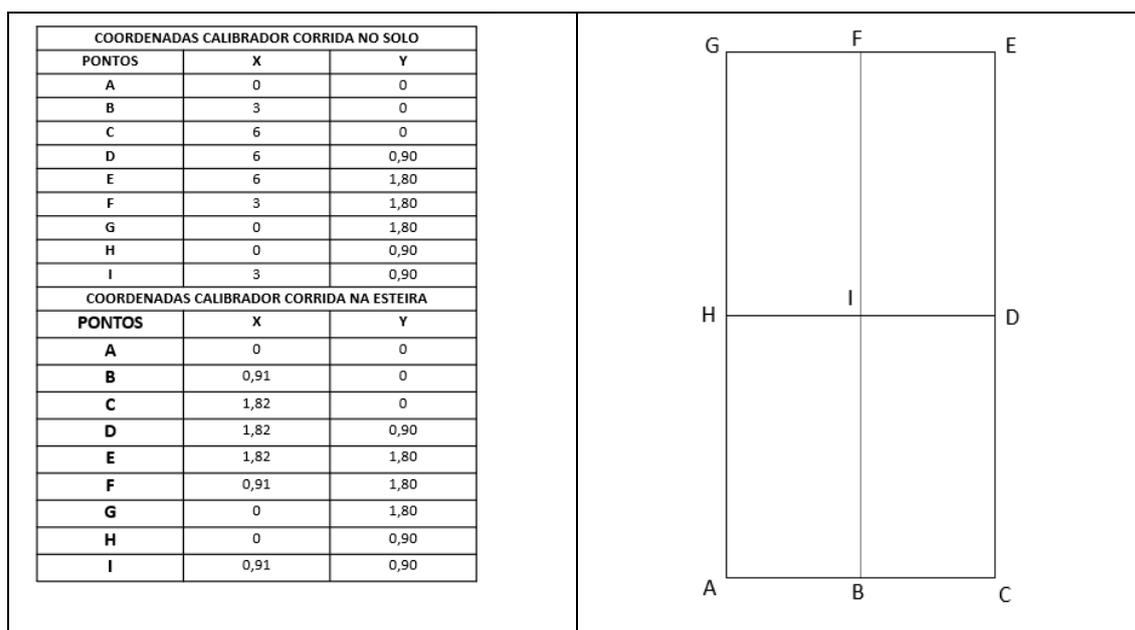
Amostra intencional e não probabilística composta por um sujeito corredor amador, saudável, do sexo masculino, 20 anos de idade, massa corporal de 78 Kg e 1,75 metros de estatura, sendo experiente na prática de corridas. O sujeito reportou a não existência de lesões de natureza osteomuscular e ligamentar de membros inferiores. O mesmo assinou o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) concordando com os termos do mesmo, inclusive com autorização do uso de imagens referentes à aquisição de dados. O projeto foi aprovado junto ao Comitê de Ética em pesquisas da Metrocamp sob protocolo número 17/08.

Foram fixados marcadores brancos semi-esféricos de isopor com raio de 1,5 cm nos sete pontos anatômicos de interesse e/ou articulações, que foram: extremidade distal do quinto metatarso-falangeal; tornozelo, joelho, quadril, CISA (crista ilíaca superior anterior), ombro, cotovelo e punho. Tais marcadores têm o

objetivo de facilitar o rastreamento das articulações durante o processo de digitalização dos pontos articulares.

O sujeito foi orientado a correr naturalmente, progressiva e reversamente, em uma cadência constante que julgasse confortável. Antes da aquisição dos dados foi realizada uma familiarização, especialmente, correr reversamente na esteira, durante quatro sessões de cinco minutos durante três dias. A aquisição de dados foi realizada no laboratório de biomecânica da Metrocamp, com utilização de esteira da marca Movement, calibrada e com aferição da velocidade real da mesma em ambas as corridas. As filmagens foram realizadas no plano sagital do sujeito, estando a câmera digital marca Sony, com frequência de 120 Hz, posicionada com o eixo óptico perpendicular a esse plano na altura no centro de gravidade do corpo. Foi utilizado um calibrador 2D (bidimensional) com nove pontos de calibração reportados na figura 1.

Figura 1 - Calibrador bidimensional e coordenadas dos nove pontos de calibração



Fonte: os autores

Análise dos dados

Os dados cinemáticos (posição, velocidade) foram filtrados com o Fast Fourier Transform (FFT) do tipo *low-pass* com frequência de corte de 6Hz (Okazaki, 2007).

Todos os pontos anatômicos foram digitalizados no *software* Skillspector sendo que o tratamento e análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* Origin 8.0, conforme os objetivos do estudo; inicialmente serão aplicados testes de normalidade (Shapiro Wilk) para identificar a característica dos dados. No caso de apresentarem respostas normais e homogêneas, serão adotados os métodos preconizados pela Estatística Paramétrica. Caso isso não ocorra, serão utilizadas análises pertencentes à estatística não-paramétrica. Em todos os casos, o nível de significância será pré-fixado em 5%.

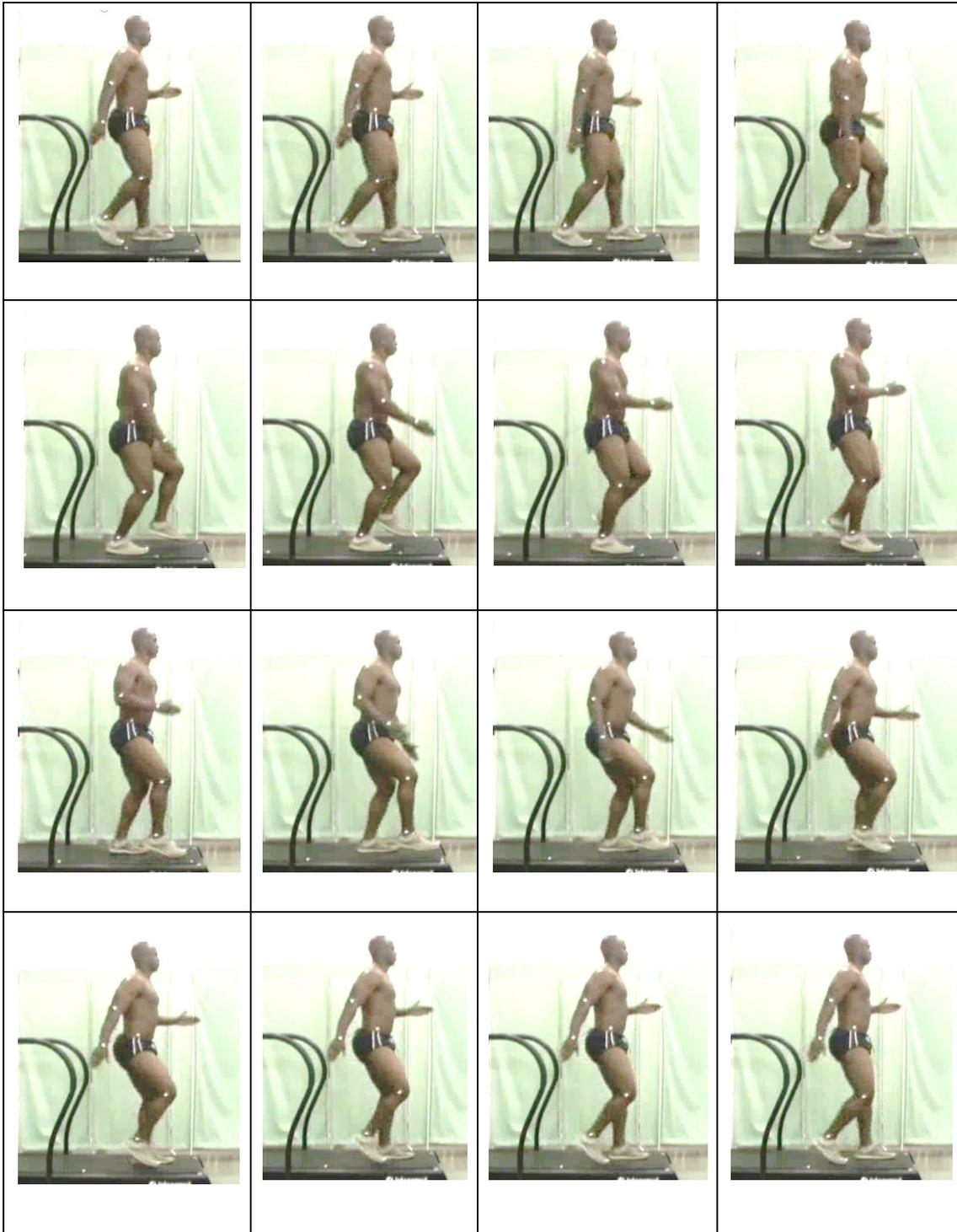
Resultados e discussão

Inicialmente será apresentada na figura 2 a sequência de *frames* em um ciclo completo da passada na corrida reversa sobre a esteira. Observou-se que este ciclo completo teve duração de 1,00 segundo.

No canto superior esquerdo da figura 2, o 1º frame mostra o contato inicial no ciclo da passada. No 5º frame, observa-se o pleno apoio do pé direito com centro de gravidade (CG) em seu ponto mais baixo.

O mesmo acontece com a perna oposta (não dominante) no frame 11, quando o pleno apoio do pé esquerdo com a máxima flexão do joelho.

Figura 2 – Sequência de 16 frames da corrida reversa, iniciando no frame 1 (canto superior esquerdo) até o 16º frame (canto inferior direito).



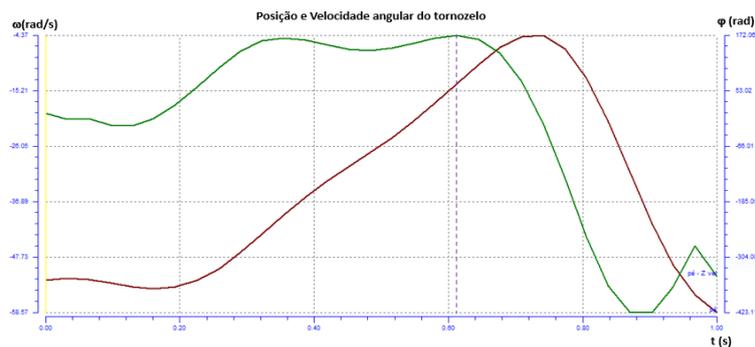
Fonte: o autor

A linha vertical tracejada mostra o instante (no eixo x, o tempo) do pico da velocidade angular em todos os gráficos a seguir.

Como optou-se por gráficos com dois eixos verticais é importante observar em cada um deles, o valor zero das variáveis posição angular e velocidade angular.

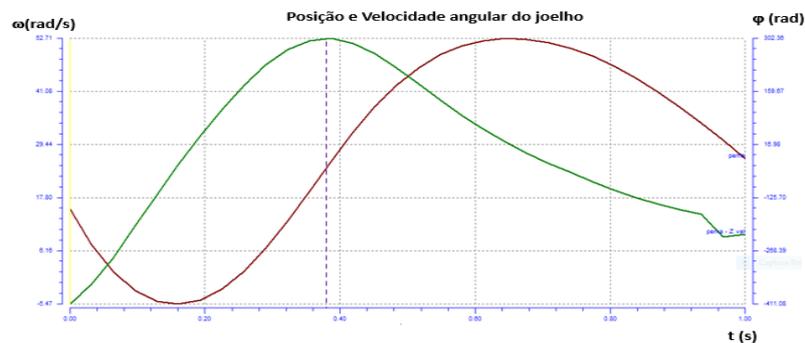
A figura 3 mostra como variou a velocidade angular do tornozelo em função do tempo. No eixo vertical à direita é referente à posição (em radianos) e o eixo vertical à esquerda é referente à velocidade angular (rad/s).

Figura 3 – Posição e velocidade angular do tornozelo em função do tempo



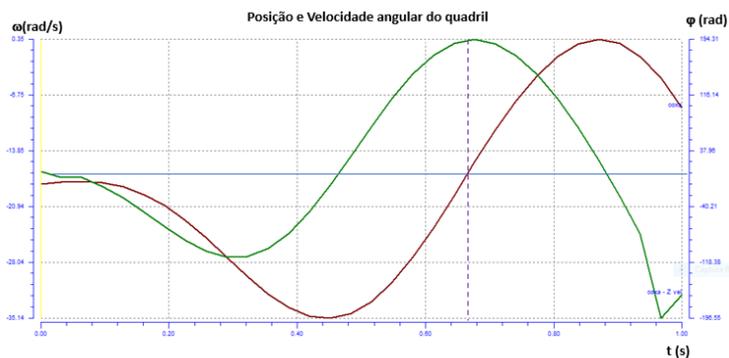
A Figura 3 mostra que a velocidade angular do tornozelo variou em relação ao referencial adotado entre 4,37 rad/s e -58,57 rad/s, com um pico relativo de $\omega = 4,30$ rad/s em $t = 0,35$ s. Tais achados estão em concordância com valores reportados por Flynn et al (1993).

Figura 4 - Posição e velocidade angular do joelho em função do tempo



A Figura 4 mostra que a velocidade angular do joelho variou em relação ao referencial adotado entre 52,71 rad/s e -5,47 rad/s, com um pico relativo de $\omega=6,37$ rad/s em $t=0,93$ s. Tais resultados corroboram pesquisas sobre a corrida reversa realizadas por Flynn et al (1993) e Arata (2000).

Figura 5 - Posição e velocidade angular do quadril em função do tempo



A Figura 5 mostra que a velocidade angular do quadril variou em relação ao referencial adotado entre 0,25 rad/s e -35,14 rad/s, com um pico relativo negativo em $t=0,30$ s. Resultados similares foram reportados em pesquisas realizadas por Sussman et al. (2000), Flynn et al (1993) e Arata et al. (2000).

É importante destacar que estes picos de velocidade (positivas e negativas) ocorrem em intervalos de tempo da ordem de centésimos de

segundo, isso significa que são comuns picos de energia cinética rotacional que são parcialmente absorvidos pelos biomateriais que constituem cada complexo articular, gerando calor fruto dos atritos internos destes. A outra parte dessa energia cinética é transferida entre os segmentos corporais, especialmente através de músculos biarticulares e ligamentos.

Considerações Finais

A corrida reversa (ou retrógrada) é para o mesmo sujeito naturalmente mais lenta e todos os parâmetros cinemáticos são menores quando comparados com seus equivalentes na corrida normal ou progressiva.

Tal fato, apesar de óbvio, decorre que o ser humano passou milhares de anos em seu processo evolutivo realizando corridas para frente de seus olhos. A corrida reversa há muito tempo é praticada no Japão, pois empiricamente descobriram que ela minimiza dores na articulação do joelho. Agora a ciência provou que o conhecimento advindo da experiência está correto.

Referências

- ALROWAYEH, H. N.; BOUZUBAR, F. F.; ALSHATTI, T. A.; ALASAQ, W. S.; ALHADAD, A. M. Anterior Knee Laxity after Forward and Backward Running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. V 38(5), Supplement, 2006.
- ARATA, A. Kinematic comparison of high speed backward and forward running. Air Force Academy. Colorado Springs, Colorado – USA, 2000.
- FLYNN, T. W.; SOUTAS-LITTLE, R. W. Patellofemoral Joint Compressive Forces in Forward and Backward running. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. V. 21, N. 5, 1995.

FLYNN, T. W.; SOUTAS-LITTLE, R. W. Mechanical Power and Muscle Action during Forward and Backward Running. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. V.17, N.2, 1993.

HALL, S. *Biomecânica Básica*. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1991.

HAY, J.G. (1973 /1993). *The Biomechanics of Sports Techniques (First / Fourth Edition)*. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs.

KUMAR, T. R. N.; ASHRAF, M. The effect of backward walking treadmill training on kinematics of the trunk and lower limbs. *Serbian Journal of Sports Sciences*. 3(3): 121-127. 2009.

McGINNIS, P. M. *Biomechanics of Sport and Exercises*. Human kinetics. Porto Alegre: Artmed, 403 p. 2002.

OKAZAKI, V., RODACKI, A.L., OKAZAKI, F. Comparação entre o tracking automático e manual no processo de digitalização dos dados na cinemática. In *Revista Digital Efdeportes*, n. 90, 2005

SUSSMAN, D. H.; ALROWAYEH, H.; WALKER, M. L. Patellofemoral joint compressive forces during backward and forward running at the same speed. *Journal of Musculoskeletal Research*, Vol. 4, No. 2, 107–118, 2000.

VILELA JUNIOR, G. B.; SILVA, G. A.; Silva, W. A.. Análise cinemática comparativa do salto estendido para trás. In: Heleise F.R. Oliveira. (Org.). *Qualidade de vida, esporte e sociedade 3*. 1 ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007, v. 3, p. 123-125.

VILELA JUNIOR, G. B.; FARIAS A.; SILVA, W. A. ; SILVA, G. A. . O uso do Dgeeme em análises cinemáticas de gestos desportivos. in *Metrocamp Pesquisa*, v. 1, supl.1, 2007. ISSN: 1981-5883, Campinas, 2007

WHITING, C. W.; ZERNICKE, R. F. *Biomechanics of Musculoskeletal Injury*. First Edition. 1998. Trad. Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2001. 251 p.

Obs.: Os autores declaram não existir conflitos de interesses de qualquer natureza ou espécie.