



ANÁLISE CINEMÁTICA E CINÉTICA DE VELOCISTA NA SAÍDA DO BLOCO NOS 100 METROS

Kinematic and kinetic analysis of sprinter at the exit of the block in the 100 meters

ISSN: 2178-7514

Vol. 10 | Nº. 1 | Ano 2018

Ricardo P. Passos^{1,2}, Gustavo C. Martins^{1,2}, Leandro B. Camargo^{1,2},
Fabio F. Vieira^{1,2}, Raul M. Casagrande^{1,4}, Guanís B. Vilela Junior^{1,2,3}

RESUMO

Objetivo: realizar a análise cinemática e cinética da saída do bloco de um velocista adulto com idade de 19 anos e massa corporal de 72 Kg. **Métodos:** Para a filmagem foi utilizada uma câmera GoPro3+ com taxa de aquisição de dados de 240 Hz, cujo eixo ótico, paralelo ao solo, estava colocado a uma altura 85 centímetros e a 2,40 metros de distância perpendicular do plano sagital do sujeito. Após o *tracking* das posições dos pontos de interesse, utilizou-se a técnica filtra-derivada com FFT (Fast Fourier Transform) *low pass* de 8 Hz. Através de modelamento biomecânico foram obtidas as velocidades e energias cinéticas de cada segmento, para movimentos lineares e rotacionais, através das equações de Lagrange. O teste de Shapiro – Wilk foi realizado e averiguou-se a não normalidade dos dados, portanto os mesmos foram reportados pela mediana e gráficos box-plot. Correlações de Spearman foram utilizadas para averiguar associação estatística entre as variáveis. A significância foi de $P < 0,05$. **Conclusão:** Aqui foram destacados o papel do tronco e sua importância na transmissão e geração de energia cinética durante a mesma. As elevadas correlações encontradas entre as energias cinéticas dos diferentes segmentos evidenciam a relevância da apurada técnica e capacidade de controle neuromotor.

Palavras chave: Análise cinemática; análise cinética; velocistas.

ABSTRACT

Objective: to perform the kinematic and kinetic analysis of the exit of the block of an adult sprinter, aged 19 years and body mass of 72 Kg. **Methods:** A GoPro3 + camera with 240 Hz data acquisition rate was used for the shoot parallel to the ground, was placed at a height of 85 centimeters and at 2.40 meters perpendicular distance from the subject's sagittal plane. After the tracking of the positions of the points of interest, the low-pass FFT (low-pass FFT) technique was used to obtain the velocities and kinetic energies of each segment for linear and through the Lagrange equations. The Shapiro - Wilk test was performed and the data were not normal, so they were reported by the median and box - plot graphs. Spearman correlations were used to ascertain statistical association between variables. The significance was $P < 0.05$. **Conclusion:** The role of the trunk and its importance in the transmission and generation of kinetic energy during this period were highlighted here. The high correlations found between the kinetic energies of the different segments evidences the relevance of the accurate technique and neuromotor control capacity.

Key words: Kinematic analysis; kinetic analysis; Sprinters

- 1- Núcleo de Pesquisas em Biomecânica Ocupacional e Qualidade de Vida (CNPq)
- 2- Universidade Metodista de Piracicaba - Unimep - SP
- 3- Metrocamp DeVry - Campinas - SP
- 4- Hospital São Vicente de Paulo - Jundiaí - SP

Autor de correspondência:

Dr. Guanís de Barros Vilela Junior

Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano

Unimep - Piracicaba - SP

Email: guanis@gmail.com

INTRODUÇÃO

No atletismo as provas que utilizam bloco de partida são: 100 metros rasos, 200 metros rasos, 400 metros rasos, 4x100 revezamento, 4x400 revezamento, 100 metros com barreiras, 110 metros com barreiras, 400 metros com barreiras. Apesar de serem muito diferentes em relação às aptidões físicas, demandas neuromotoras, biomecânicas, energéticas e estratégias de competição, todas possuem em comum a saída de bloco para otimizar os segundos iniciais das referidas provas. Portanto, compreender a saída do bloco, aqui definida como o intervalo de tempo decorrido entre o sinal sonoro (tiro) até o takeoff (decolagem) do pé dominante no final do primeiro passo. Compreender as estratégias articulares e alavancas biomecânicas dos segmentos corporais: pé, perna, coxa, tronco, braço e antebraço e os pontos anatômicos hálux, calcâneo, joelho, quadril, ombro, cotovelo e punho, sob o enfoque cinemático e cinético é crucial para treinadores e atletas estabelecerem estratégias de treinamento que possam contribuir para uma melhor performance nestas competições.

Sendo assim, o objetivo deste artigo é realizar a análise cinemática e cinética de um atleta velocista do instante da partida do bloco até a finalização do primeiro passo.

REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Passos, R. P. et al ¹; Barthels et al ²; Winter ³; Hamil et al ⁴, a saída do bloco é necessária em provas que exigem elevada potência nas frações de segundos iniciais da prova, de modo que elevadas forças sejam exercidas sobre o atleta, onde a força de reação que o bloco exerce sobre o pé dominante do mesmo é uma das componentes da força propulsora resultante que vencerá a inércia (repouso enquanto está em posição de alerta no bloco).

Clarke et al⁵, ressalta que a força propulsora que atua sobre o atleta neste momento é fruto da soma vetorial da componente horizontal da reação que o bloco exerce sobre o pé dominante do atleta e a componente vertical exercida pelo solo sobre o pé do atleta. Apesar da simplificação deste modelo é evidente que a otimização de ambas componentes requer uma apurada técnica de controle neuromotor conforme destaca Passos et al ¹.

Neste artigo optamos pela nomenclatura classicamente utilizada onde o termo *cinemática* se refere ao estudo do movimento se atendo exclusivamente às variáveis de espaço (lineares e angulares), velocidade (lineares e angulares) e aceleração (lineares e angulares) sem se preocupar com suas causas e efeitos, e o termo *cinética* se refere ao estudo do movimento que a partir das variáveis cinemáticas buscam compreender as

relações causais entre as mesmas, recorrendo a equações, por exemplo, energia cinética, energia potencial gravitacional, de potência, torque, impulso, quantidade de movimento e rendimento durante o movimento analisado, todas oriundas da mecânica newtoniana, utilizando as equações lagrangeanas.

Segundo estudos de Zushi et al⁶, Kowalsi et al⁷ e Morin et al⁹, os aspectos antropométricos do atleta são determinantes na corrida de 100 metros rasos uma vez que indivíduos com biótipo longilíneo e compleição corporal forte terá mais chances de sucesso nesta prova, por exemplo, Usain Bolt possui estatura de 1,96 metros e amplitude de passada média de 2,44 metros, tais aspectos caracterizam uma vantagem que o mesmo apresenta sobre a maioria dos adversários, uma vez que no bloco de saída ele posiciona seus membros inferiores e tronco de modo a otimizar as alavancas anatômicas que privilegiam a velocidade, onde as forças exercidas pelos músculos flexores e extensores do joelho estão localizadas entre o mesmo e a perna que funciona como uma resistência a ser controlada durante a saída. Tal fato corrobora o dado de que a maioria dos grandes músculos biarticulares do aparelho esquelético apendicular humano, constituem alavancas interpotentes (ou 3ª ordem) que favorecem a velocidade.

Rabitta e colaboradores⁸, ao estudarem o impulso e a força vertical de reação do solo (FVRS) no desempenho da fase de aceleração na

saída do bloco encontraram correlações positivas entre velocidade vertical e FVRS, e entre FVRS e o tempo de contato. Portanto cai o mito recorrente de que vence a prova o atleta que desacelera menos nos instantes finais dos 100 metros rasos, e sim aquele que gera maiores impulsos (integral da força em função do tempo), especialmente nos momentos iniciais da mesma. Nagai e colaboradores¹⁰ avançam no conhecimento sobre a saída do bloco, ao mostrarem que os melhores velocistas são aqueles que geram maior impulso resultante horizontal por unidade de massa corporal, agregando mais conhecimento à complexa teoria do treinamento de atletas sprinters.

MÉTODOS

Esta pesquisa de caráter transversal e do tipo estudo de caso, foi realizada com um atleta confederado (CBAt), categoria adulto, nível nacional, 19 anos, estatura 1,73 metros, massa corporal 72 kg, sendo especialista nas provas de: 200 e 400 metros rasos e 4x400 m revezamento. Com rotina de treinamento durante 6 dias da semana, sendo apenas um deles com treinamento de meio período (pela manhã). Essa rotina esta sintetizada na Figura1.

Figura 1- caracterização de uma semana típica de treinamento.

Dia da Semana	Matutino	Vespertino
Segunda	Rampas (80 m /15 s)	Quilometragem + Educativos
Terça	Intervalados (150 m/ 6 vezes)	Quilometragem + Educativos
Quarta	Musculação (priorizando inferiores)	Corridas resistidas com paraquedas.
Quinta	Intervalados (300 m/ 5 vezes)	Quilometragem + Educativos
Sexta	Quilometragem + Educativos	Intervalados (500m, 350m, 250m, 200m e 150m) 3 séries.
Sábado	Quilometragem (8 a 10 km)	Descanso
Domingo	Descanso	Descanso

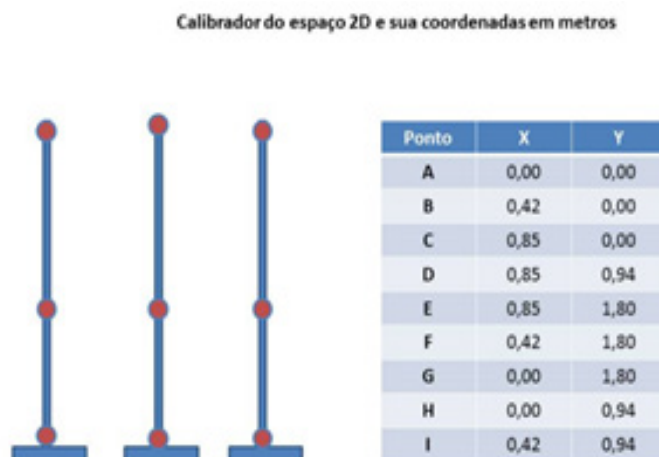
A coleta de dados foi realizada em uma pista oficial de atletismo (tartan) na cidade de Piracicaba, SP, na primeira quinzena de dezembro de 2016, no período da tarde com temperatura ambiental média de 27 graus Celsius, estando o atleta trajado adequadamente com sapatilhas com pinos de 4,5 mm tipo agulha. O bloco de saída oficial de alumínio marca IAAF Polanik.

No bloco de saída o atleta se posicionou com a perna dominante, estando a ponta do pé apoiado no bloco com a distancia de 0,84 m da

linha de partida: é evidente que tais distancias variam conforme os dados antropométricos do atleta.

Foi utilizado um calibrador bidimensional (2D), composto por três hastes verticais de alumínio complanares; as coordenadas (X e Y) dos nove pontos deste estão presentes na Figura 2.

Figura 2 – Coordenadas do calibrador 2D



Para a filmagem foi utilizada uma câmera GoPro3+ com taxa de aquisição de dados de 240 Hz, cujo eixo ótico, paralelo ao solo, estava colocado a uma altura 85 centímetros e a 2,40 metros de distância perpendicular do plano



sagital do sujeito.

Figura 3 mostrando o instante em que o pé da perna dominante perde o contato com o bloco de saída.

Os marcadores foram colocados nos seguintes pontos anatômicos de interesse: hálux; maléolo do calcâneo; joelho; trocânter maior de fêmur; crista ilíaca superior lateral; acrômio; vórtex.; cotovelo e punho

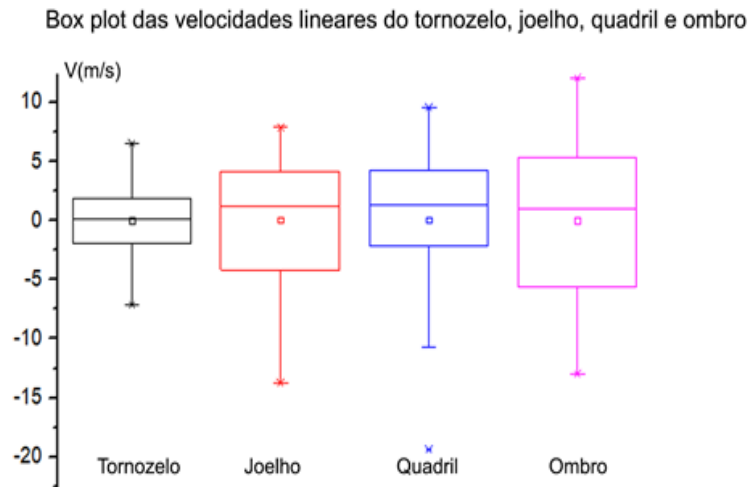
Após o *tracking* das posições dos pontos de interesse, os dados foram tratados no software Origin 9.0[®] onde utilizou-se a técnica *filter* com FFT (Fast Fourier Transform) *low pass* de 8 Hz (conforme preconizam Barthels et al², Kowalski et al⁷, Nagai et al¹⁰). Através de modelamento biomecânico foram obtidas as velocidades e energias cinéticas de cada segmento, para movimentos lineares e rotacionais, através das equações de Lagrange.

Foi realizado o teste de Shapiro – Wilk e averiguou-se a não normalidade dos dados, portanto os dados serão reportados pela mediana e gráficos *box-plot*. Correlações de Spearman foram utilizadas para averiguar associação estatística entre variáveis. A significância foi de $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra os gráficos **box plot** para as velocidades dos pontos anatômicos de interesse.

Figura 4 – Box Plot das velocidades dos pontos anatômicos de interesse em m/s.



Este mostra as medianas, máximos, mínimos, 1º e 3º quartis durante os 0,850 segundos necessários para este atleta sair do bloco e tomando como referência sua perna direita (dominante) que estava à trás no bloco de saída. Uma vez que o pé perde o contato com o bloco (a 0,280 s), esta perna vai adiante realizando a

primeira pisada com o pé dominante (isto ocorre em 0,850 s), é este intervalo de tempo que foi analisado.

A Tabela 1 mostra a as correlações de Spearman significantes (todas para $P < 0,01$) entre as energias cinéticas de pernas, coxas, tronco e braços.

Tabela 1 - Correlações de Spearman entres as Energias Cinéticas dos segmentos

Energia Cinética	Rho de Spearman
Pernas x Coxas	0,814**
Pernas x Tronco	0,830**
Pernas x Braços	0,738**
Coxas x Tronco	0,734**
Coxas x Braços	0,733**
Tronco x Braços	0,844**

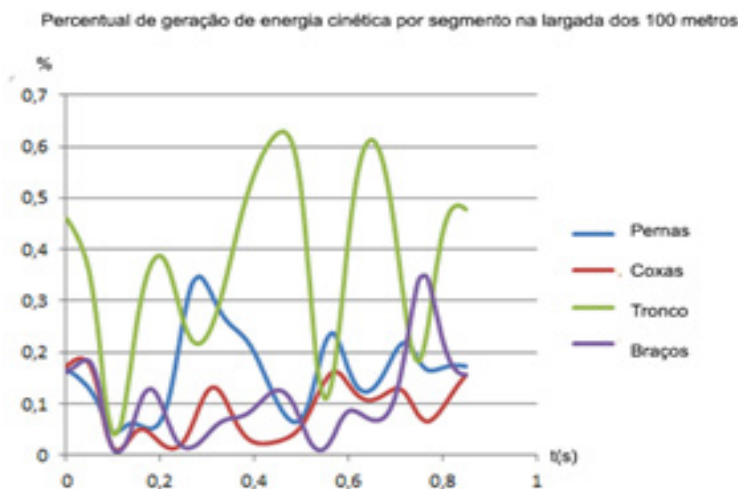
** significantes para $P < 0,001$.

A elevada significância destas correlações pode parecer, à primeira vista, como óbvias, mas não são, uma vez que evidenciam que para um bom resultado na saída do bloco na prova dos 100 m rasos, todos os segmentos estão em coordenação e controle neuromotor que permite a rápida transferência de energia gerada nos segmentos corporais, de modo que o movimento seja habilidoso (menor tempo e menor dispêndio de energia possível, afinal, faltam quase 100m após estes 0,850 s iniciais da prova). Se um atleta não realizar movimentos

vigorosos com os braços, ele, provavelmente estará fadado ao insucesso na prova, uma vez que estes, além de gerar energia que será utilizada na corrida, neutralizam a tendência rotacional do tronco ao longo do eixo vertical, à medida que as pernas são vigorosamente e alternadamente lançadas à diante.

A Figura 5 mostra percentualmente a energia cinética dos segmentos corporais considerados e conseqüentemente sua importância durante a saída nas provas de velocidade no atletismo.

Figura 5 - Percentual da Energia Cinética durante os 0,850 s iniciais da prova (saída do bloco)



No mesmo, pode-se observar como varia a Energia Cinética (EC) durante os 0,850 s. É importante destacar as oscilações que ocorrem em milésimos de segundo de forma complexa, alternando, geração e dissipação de EC nos diferentes segmentos. O tronco, por ter maior massa e momento de inércia, é o maior gerador de energia

propulsora na saída do bloco no atletismo e em várias outras modalidades esportivas (exemplo: chute no futebol; cortada no voleibol; saltos ornamentais; lutas marciais; dentre outras).

Para o sujeito pesquisado, durante a saída do bloco (0,850 s) foram calculadas percentualmente a participação dos segmentos

corporais, foram elas: tronco com 36,84%; pernas com 16,21%; braços com 10,64%; coxas com 8,69%, totalizando 72,38% da energia mecânica utilizada, o restante, 27,60%, refere-se à energia potencial gravitacional (oscilação do centro de gravidade).

CONCLUSÃO

A análise biomecânica da saída do bloco nas provas de velocidade no atletismo, envolve vários aspectos que são essenciais para sua melhor compreensão. Aqui foram destacados o papel do tronco e sua importância na transmissão e geração de energia cinética durante a mesma. As elevadas correlações encontradas entre as energias cinéticas dos diferentes segmentos evidenciam a relevância da apurada técnica e capacidade de controle neuromotor exigidas nesta modalidade.

REFERÊNCIAS

1. PASSOS, R. P., VILELA JUNIOR, Guanís de Barros, et al, (2017). Análise Biomecânica da largada dos 100 metros no atletismo. Revista CPAQV. v9n1.
2. BARTHELMS et al. 1996. Biomechanics: A qualitative Approach for Studying Human Movement. Fourth Edition. Needham Heights, MA: Simon Schuster Company.
3. WINTER, D. A, 2009. Biomechanics and motor control of human movement. 4Ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
4. HAMIL, J. et al. 1997. Biomechanics Basics of Human Movement. New York: Lippincott. Williams & Wilkins.
5. CLARKE, T.E., Frederick, E.C., Cooper, L.B., 1983. Effects of shoe cushioning upon ground reaction forces in running. International Journal of Sports Medicine 4 (4), 247–251.
6. ZUSHI et al. (2014). Kinematics of transition during human accelerated sprinting. Biology Open, 3, 689–699.
7. KOWALSKI et al. (2015). Selected Determinants of Acceleration in the 100m Sprint. Journal of Human Kinetics, v. 45, 135-148.
8. RABITTA et al. (2015). Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse: Push more, brake less? Journal of Biomechanics. V. 48; 3149–3154.
9. MORIN et al. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. Scand J Med Sci Sports. V. 25: 583–59.
10. NAGAI et al. (2015). Dynamic contribution analysis on the propulsion mechanism of sprinter during initial acceleration phase. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, Poitiers, France. 1030-1033.
11. A.A. ZADPOOR, A.A. Nikooyan / Journal of Biomechanics 43 (2010) 186–193.
12. WAKELING, J.M., Liphardt, A.M., Nigg, B.M., 2003. Muscle activity reduces soft-tissue resonance at heel-strike during walking. Journal of Biomechanics 36 (12), 1761–1769.
13. DIXON, S.J., Collop, A.C., Batt, M.E., 2005. Compensatory adjustments in lower extremity kinematics in response to a reduced cushioning of the impact interface in heel-toe running. Sports Engineering 8, 47–55.

OBSERVAÇÃO: Os autores declaram não existir conflitos de interesse de qualquer natureza.