



Ricardo Pablo Passos^{1,3,4}, Kelmerson H. Buck^{1,3}, Raul M. Casagrande^{1,3}, Fabio S.F. Vieira^{1,3,4},
Gustavo C. Martins^{1,3,4}, Leandro B. de Camargo¹, Heleise F. R. Oliveira^{1,3}, Claudio Novelli¹, Guanís B. Vilela Junior^{1,2,3,4}

RESUMO

Objetivo: realizar uma breve revisão da literatura sobre a largada nos 100 m rasos no atletismo. **Método:** foi utilizada a base de dados do Google Acadêmico e Pubmed. Os termos utilizados foram em número de seis: sprinters, start block, biomechanics, kinematics, 100m running, kinetics. Foram encontrados 7890 artigos de acesso livre e gratuito utilizando-se como estratégias de buscas individualizadas em duas categorias de unitermos, sendo elas: 1) sprinters, start block, biomechanics, kinematics e 2) 100m running, kinetics. Para a seleção dos artigos a serem lidos o critério utilizado foi, que todos os unitermos utilizados estivessem presentes no título e/ou no resumo dos mesmos. Estabelecido este critério obtivemos 18 artigos para a presente revisão. **Conclusão:** a largada nos 100m rasos apresenta elevada complexidade técnica que pressupõe a parametrização de variáveis biomecânicas tais como: forças (horizontal, vertical e resultante) aplicadas pelo atleta sobre o bloco, tempo de reação, torques gerados pela vigorosa extensão do quadril, movimentos contra laterais de membros superiores, impulso horizontal gerado pela perna dominante, dentre outros. Tais variáveis são consequência da capacidade do atleta em controlar diferentes graus de liberdade para que o movimento seja eficiente.

Palavras Chave: Corrida, análise cinemática, análise cinética, controle neuromotor.

ABSTRACT

Objective: To conduct a brief review of the literature about the start in the 100 meter in athletics. **Method:** we used the base of Google Scholar and Pubmed. The terms used were six: sprinters, start block, biomechanics, kinematics, 100m running, kinetics. We found 7890 articles for free access using as individualized search strategies in two categories of key words, which are: 1) sprinters, start block, biomechanics, kinematics and 2) 100m running, kinetics. For the selection of articles to read the criteria used were that all key words used were present in the title and / or summary thereof. Established this criterion obtained 18 articles for this review. **Conclusion:** the start in the 100m has high technical complexity that requires the parameterization of biomechanical variables such as strength (horizontal, vertical and resulting) applied by the athlete on the block, reaction time, torque generated by the powerful hip extension, movements against side of the upper limbs, horizontal thrust generated by the dominant leg, among others. These variables are the result of the athlete's ability to control different degrees of freedom for the movement to be efficient.

Keywords: Running, kinematics, kinetics, neuromotor control

- 1- Núcleo de Pesquisas em Biomecânica Ocupacional e Qualidade de Vida – CNPq/Unimep
- 2- Metrocamp Devry do Brasil – Campinas – SP
- 3- Universidade Metodista de Piracicaba – Unimep – Piracicaba – SP
- 4- Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida – CPAQV – Campinas - SP

Autor de correspondência

Ricardo Pablo Passos

Universidade Metodista de Piracicaba-Unimep- Campus Taquaral-
Sala 30, bloco 7, Programa de pós Graduação do Movimento Humano
Rodovia do Açúcar KM 56 - Piracicaba-SP

Rppasso@gmail.com

INTRODUÇÃO

Para compreender a biomecânica da largada nos 100 metros no atletismo é necessária uma abordagem que abranja o maior número de variáveis cinemáticas, cinéticas e antropométricas que são decisivas para um bom desempenho na saída.

Sabe-se que um indivíduo ao caminhar com velocidade próxima a 2m/s existe uma reestruturação da tarefa neuromotora e a emergência do padrão de corrida, com a existência de uma fase de voo, que a diferencia da caminhada. A biomecânica da corrida se altera à medida que a velocidade aumenta e a parametrização de forças aplicadas ao solo durante a passada, a frequência desta e seu comprimento é decisiva para uma corrida eficiente em qualquer velocidade. Fatores antropométricos, como tamanho das pernas e pés, influenciam no resultado da corrida, uma vez que membros inferiores maiores geralmente estão associados a uma passada maior. A frequência da passada, variável de natureza de controle neuromotor, está associada a também a maiores velocidades.

A equação:

$$V = \lambda \cdot f$$

onde V é a velocidade da corrida (m/s), λ é o comprimento da passada(m) e f é a frequência da passada (passadas/s). Esta simples equação informa muito sobre a corrida, pois λ é prioritariamente um dado de natureza antropométrica e, portanto, com grande influência genética. Por sua vez a f apresenta uma característica mais de controle neuromotor sendo bastante influenciada pelos processos adaptativos diante do estresse do treinamento, onde a influência genética também está presente. A velocidade da corrida será o resultado do ajuste ótimo entre estas duas variáveis. PLAMADON¹ et al mostraram que λ , f e outros parâmetros espaciais e temporais são muito dependentes da velocidade na corrida 100m, especialmente nas nove primeiras passadas. Isto evidencia que a largada e momentos iniciais da prova são potencialmente decisivos para um bom resultado. Diante deste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar uma breve revisão sistemática sobre o tema: a biomecânica da largada da prova de 10m rasos do atletismo.

MÉTODOS

São encontrados dezenas de milhares de artigos científicos sobre este tema específico nas diferentes bases de dados, entretanto, para elaborar esta breve revisão foram acessados os bancos de dados do Google Acadêmico e PubMed sem limitação em relação a data da publicação, sendo considerados exclusivamente os artigos em língua inglesa e presentes na classificação Qualis Capes no ano de 2016. Foram excluídos teses, dissertações, além de artigos publicados em outras línguas tais como francês, alemão e espanhol devido aos elevados custos de tradução. Os termos utilizados foram em número de seis: sprinters, start block,

biomechanics, kinematics, 100m running, kinetics.

Foram encontrados 7890 artigos de acesso livre e gratuito utilizando-se como estratégias de buscas individualizadas em duas categorias de unitermos, sendo elas: 1) sprinters, start block, biomechanics, kinematics e 2) 100m running, kinetics. Para a seleção dos artigos a serem lidos o critério utilizado foi, que todos os unitermos utilizados estivessem presentes no título e/ou no resumo dos mesmos. Estabelecido este critério obtivemos 18 artigos para a presente revisão. A Figura 1, mostra estes processo de seleção dos artigos.

A Figura1: Critérios de seleção dos artigos encontrados em cada categoria de busca.

Categoria de busca 1, com unitermos: sprinters, start block, biomechanics, kinematics.	1630 artigos encontrados
Categoria de busca 2, com unitermos: 100m runing, kinetics.	6260 artigos encontrados
Total de artigos:	7890 artigos encontrados
Artigos excluídos no critério 1 (não apresentaram todas as palavras no título e/ou resumo)	1622 artigos excluídos
Artigos excluídos no critério 2 (não apresentaram todas as palavras no título e/ou resumo)	6190 artigos excluídos
Total de artigos para leitura integral	18 artigos selecionados

REVISÃO DA LITERATURA

ZUSHI² e colaboradores investigaram a aceleração de velocistas durante os 50 metros iniciais e analisaram as mudanças nas estratégias de aceleração durante toda essa fase, para isto observaram a performance de 12 velocistas realizando um sprint de 30 metros, capturando dados cinemáticos com a utilização de 60 câmeras infravermelho. Para avaliar a fase de aceleração o referido estudo utilizou a média da altura do

centro de gravidade(CG) durante a aquisição de dados o método utilizado encontrou duas transições durante toda fase de aceleração, de máxima velocidade e a fase de aceleração que pode ser dividida em três seções, inicial, media e final. Mudanças cinemáticas foram observadas quando os velocistas cruzavam a primeira transição: estando o pé de contato com o chão a frente do centro de gravidade, articulação do joelho iniciando a flexão durante a fase de suporte, acarretando o aumento na frequência da

passada. Na segunda transição: e as consequentes mudanças na postura corporal e o início de uma diminuição na intensidade dos movimentos na articulação do quadril. Em cada seção de aceleração, diferentes participações dos membros inferiores determinam um aumento da velocidade do centro de gravidade, à frente coxa e perna, na seção inicial, perna e pé, na seção média coxa, perna e pé. E na seção final um aumento é observado para perna e pé.

Os autores concluíram que existe duas transições durante uma aceleração máxima de um velocista, que divide toda fase de aceleração em três seções, que apresentam diferentes estratégias de aceleração para corrida de velocidade.

KOWALSKI³ e colaboradores ao estudarem as relações cinemáticas entre, habilidades motoras e características antropométricas na fase inicial da aceleração (10 metros) e na fase (secundária 30 metros) de corredores de 100 metros em diferentes níveis de performance. Nesse estudo 11 corredores homens competitivos de tempo entre 10.50s e 10.96s e 11 estudantes ativos com tempos entre 11,80s e 12,20s, o desempenho na corrida foi avaliado nos 10 metros, 30 metros, 100 metros a partir do bloco de partida, a força no back squat e habilidade em saltar (um salto em distância, cinco e dez saltos verticais para cima) os resultados mostraram fortes correlações entre uma repetição máxima de back squat,

o salto em distância, também os cinco e dez saltos verticais e a velocidade nos dez metros iniciais para os atletas competitivos; uma forte correlação foi encontrada entre um back squat de uma recuperação e um salto vertical, também os cinco e dez saltos, mas somente para os velocistas. O fator mais significativo para as diferenças entre velocidades máximas durante a segunda fase de aceleração (inicial e secundária) com os dois subgrupos de frequência de passada.

Podemos observar que existem diferenças importantes nas estratégias neuromotoras e biomecânicas para os diferentes níveis de velocistas, ficando evidente que o back squat e o salto vertical são preditores para identificação de talentos para essa modalidade.

Estudos produzidos por MORIN⁴ e colaboradores sobre os limites da locomoção humana que objetivaram a caracterização da aceleração em corredores com velocidade máxima. Foram pesquisados atletas de alto nível, quatro de elite (melhor tempo entre 9[”]95/10[”]29) e cinco sub elite (tempo 10[”]40/10[”]60) um único sprint de quarenta metros foi reconstruído e os parâmetros cinéticos foram calculados para cada passo utilizando plataforma de força e análise de vídeo. Força anteroposterior (F_y) potência (P_y) e a razão entre a componente horizontal da força resultante, que reflete a orientação da força resultante de reação do solo, para cada fase de suporte. Tais variáveis foram

computadas como $V_x F_y$ $GRF_x V$, $P_{y,xv}$, que apresentaram boa significância linear com R^2 0,892 e 0,950 respectivamente. Tal estudo possibilitou uma melhor compreensão da aceleração no sprint especialmente entre a velocidade e as variáveis-chave da corrida de velocidade.

NAGAI⁵ e colaboradores estudaram os padrões funcionais dos torques nas articulações da perna de suporte durante a fase de uma corrida de velocidade, a aceleração do centro de gravidade do corpo todo causada pelos torques articulares nos 1º, 3º, 5º e 7º passos a partir do bloco de saída, onde foi calculada a partir de um modelo de corpo inteiro enquanto o sistema articulado de cinco grupamentos rígidos. Os resultados encontrados indicaram que o maior torque na flexão plantar (excêntrica) são cruciais na aceleração do corpo; o torque excêntrico na flexão plantar é gerado pelos torques no quadril e joelho e que o número de passos influenciam no mecanismo de propulsão.

Tais significâncias elevadas entre a força de reação do solo e velocidade, potência e velocidade são resultados de elevados torques articulares na flexão plantar no quadril e joelho, garantindo força explosiva suficiente para vencer a inércia na saída do bloco.

RABITA⁶ e colaboradores investigaram o impulso da força de reação do solo e suas conexões com o desempenho na fase de aceleração, distinguindo o impulso propulsivo e de frenagem, para isto analisaram nove corredores de alto nível onde foram realizados sete sprints (dois de 10 metros, dois de 15 metros, um de 20 metros, um de 30 metros e um de 40 metros)

durante os quais foram medidas as forças de reação do solo em sistema de plataforma de força de 6,60 metros. Concluíram que os velocistas mais rápidos são aqueles que desenvolvem maior impulso resultante horizontal por unidade de massa corporal e não necessariamente aqueles que desaceleram menos.

Estes resultados desmistificam o recorrente argumento de que vence a prova o atleta que menos desacelerar.

TREWARTHA⁷ e colaboradores estudaram aspectos cinemáticos na saída do bloco e suas relações com o desempenho em um grupo de 16 velocistas de diferentes níveis. Os mesmos concluíram que a posição de largada não está associada ao desempenho na capacidade de gerar potência externa horizontal. Na saída do bloco, recomendam que os atletas sejam treinados a exercer a máxima extensão do quadril, usando a perna traseira para uma saída potente do bloco.

TZIORTZIS⁸ e colaboradores ao estudarem os parâmetros força / potência como preditores do desempenho de velocistas analisaram 25 jovens velocistas homens com os testes squat jump, salto contra movimento, salto de uma altura, saltos repetidos, tempo nos 100m rasos e tempo de reação, além de seus tempos nos 10m, 30m, e 60m. Concluíram através de uma análise de regressão múltipla do tempo nos 100m rasos respondem por 46,5% da variabilidade dos preditores testados sendo os mais confiáveis o squat jump e o salto contra movimento.

Ressaltamos aqui a importância da massa dos segmentos corporais, notadamente quadril

e coxas na geração de energia potencial elástica suficiente para a realização de movimentos velozes e coordenados.

NEWHOUSE⁹ e colaboradores analisaram 20 corredores (10 experientes e 10 não experientes). Cada atleta realizou 48 saídas (24 com o pé direito adiante e 24 com o pé esquerdo adiante). Encontraram padrão de assimetria consistente com a assimetria manual quando o pé esquerdo estava para trás no bloco de saída. Tais resultados são consistentes com a especialização no hemisfério direito para processos espaço-temporais e de atenção.

CAPPOZZO¹⁰ e colaboradores realizaram estudo sobre a inclinação do tronco durante a largada nos 100m rasos do atletismo. A partir do entendimento de que a posição do tronco é decisiva no desempenho da prova, validaram uma unidade de medida inercial para medir a inclinação e velocidade angular no plano sagital durante a largada realizada por cinco velocistas no ambiente laboratorial. Concluíram que tal instrumentação é potencialmente aplicável em campo para auxiliar os atletas em seu desempenho.

Constata-se, portanto, a importância dos movimentos contralaterais de membros superiores influenciando na eficiência dos movimentos de membros inferiores e vice versa.

SALO¹¹ e colaboradores pesquisaram como a cinemática da perna contribui para o desempenho em termos de produção de força externa propulsiva. Três velocistas de elite

foram analisados na saída e no primeiro passo da corrida. Concluíram que o velocista que produziu maior força externa sobre o bloco de saída foi o que fez a maior extensão do quadril, especialmente na perna traseira.

WILLWACHER¹² e colaboradores estudaram as características técnicas e magnitude da produção de forças externas no bloco de saída; nove velocistas (100m rasos) realizaram entre cinco ou seis saídas com esforço máximo. As forças externas nos blocos (dianteiro e traseiro) foram medidas através de instrumentação adequada, foram elas: a força média horizontal, vertical e resultante, além do ângulo da força resultante. Os resultados corroboraram que a força média horizontal, vertical e resultante e o ângulo da força resultante no bloco traseiro apresentam relações significantes com o desempenho.

De acordo com estes estudos, mais uma vez, identifica-se que a extensão veloz e potente do quadril e o ângulo da força resultante são variáveis importantes na biomecânica da largada na prova de 100m rasos.

DOLENEC¹³ e colaboradores pesquisaram os mais importantes parâmetros cinéticos e cinemáticos da posição no bloco e suas correlações com a aceleração na saída. A amostra composta por trinta homens e onze mulheres velocistas. A aceleração foi obtida a 5-10-20-30 m da linha de partida. A eficiência da corrida foi avaliada através da velocidade horizontal do centro de gravidade (CG),

tempo de reação na partida, impulso e gradiente da força máxima no bloco dianteiro. Diferenças significantes foram encontradas entre os gêneros predominantemente nos parâmetros cinéticos na ação da largada. As maiores correlações com a aceleração de saída para velocistas homens teve parâmetros cinéticos (força de pressão relativa, máxima força de gradiente e tempo para atingir a máxima força); através de parâmetros cinemáticos do CG e do angulo do tornozelo no bloco dianteiro. As mulheres apresentaram correlações muito menores, somente duas foram significantes entre a saída e a aceleração na saída, especialmente nos primeiros cinco metros da largada que são consequência de diferenças na estrutura biomecânica motora.

Estas diferenças entre gêneros também é fruto das peculiaridades anatômicas e de alavancas de homens e mulheres; estas, ao possuírem em média quadril mais largo que os homens, tendem a gerar um torque que poderá rotacioná-lo lateralmente, dificultando assim uma saída mais eficiente, uma vez que os movimentos dos braços muitas vezes não são suficientes para neutralizar tal rotação.

DUMAS¹⁴ e colaboradores pesquisaram a velocidade angular e a energia cinética de diferentes segmentos em velocistas de elite. Para isto utilizaram análise 3D do corpo inteiro. Oito atletas com 63 marcadores reflexivos passivos e doze câmeras (250 Hz) foram utilizadas

para coletar as trajetórias dos marcadores. A máxima energia cinética do corpo inteiro foi obtida antes do abandono do bloco (537 e 514,9 J) respectivamente. Tais resultados sugerem uma melhor sincronização entre membros superiores e inferiores na fase de empurrar os blocos.

BONNEFOY¹⁵ e colaboradores estudaram a cinemática 3D dos três tipos clássicos de largada (Grupada, Média e Alongada) na velocidade do centro de massa (CM) e a energia cinética do corpo inteiro. Nove velocistas bem treinados realizaram 4 sprints máximos de 10m e os dados coletados por 12 câmeras (250 Hz) e 63 marcadores colocados nos atletas. Os resultados mostram que a largada alongada apresentou maior velocidade do CM (2,89m/s) e todas as velocidades decaem entre os 5 e 10m. Ambos os resultados são explicados pelo maior tempo de contato sobre o bloco na posição alongada. A energia cinética do corpo inteiro também foi maior nesta posição (324 Joules), demonstrando que os atletas devem desenvolver grande energia cinética com cabeça e tronco no menor tempo possível.

A Figura 1 mostra várias estratégias de saída com diferentes inclinações do tronco, posicionamento do CG, movimentação dos membros superiores e da cabeça, aspectos estes que serão decisivos para uma eficiente largada nos 100m rasos.



Figura 1 – diferentes estratégias de saída nos 100m rasos

TOMAZIN E COH¹⁶ pesquisou um campeão mundial e considerou a distância entre os blocos, a velocidade no bloco, o ângulo da face do bloco, o comprimento do primeiro passo, a trajetória do CM nos 3m iniciais, razão entre fase de contato e fase de voo nos primeiros dez passos e a razão entre comprimento e frequência da passada. Tratou-se de um estudo de caso, onde um atleta de 27 anos e massa corporal de 76,7 Kg, com melhor marca pessoal de 10,15 s. Concluíram que para maximizar a eficiência do treinamento a fase do bloco e da aceleração subsequente é fortemente dependente de aspectos genéticos e biomecânicos. Relatam que a aplicação prática para atletas e treinadores é encontrar uma posição de saída ótima que garanta a máxima velocidade no bloco para o velocista, e que uma ótima transição para a fase de aceleração depende da execução do primeiro

passo, particularmente do tamanho do passo e do posicionamento do pé na fase de desaceleração. Assim a eficiência da aceleração gera o aspecto temporal da atividade nos dez primeiros passos.

MOUCHBAHANI¹⁷ e colaboradores pesquisaram a famosa controvérsia entre treinamento resistido (que utilizam resistências mecânicas durante o treinamento) e assistido (que, por exemplo, utiliza um sistema de polias que diminui o tempo de contato com o solo) para velocistas. Concluíram que o treinamento assistido deve ser individualizado, pois é dependente das habilidades atléticas e coordenação inter e intramuscular para que seja eficiente, sendo que a velocidade máxima deve ser mantida no máximo por 10 a 20 metros com máxima frequência de passada, antes que o sistema de controle neuromotor entre em colapso.

LOCKIE¹⁸ e colaboradores estudaram os efeitos do corriqueiro treinamento onde os atletas correm arrastando pneus na pista que estão presos por uma corda ao seu tronco. Os autores concluíram que cargas elevadas resultam em uma grande ruptura com o padrão cinemático normal da aceleração e, portanto, tais treinamentos devem recorrer a cargas leves para que não ocorra a emergência de um novo padrão de controle neuromotor para esta tarefa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que a largada nos 100m rasos apresenta elevada complexidade técnica que pressupõe a parametrização de variáveis biomecânicas tais como: forças (horizontal, vertical e resultante) aplicadas pelo atleta sobre o bloco, tempo de reação, torques gerados pela vigorosa extensão do quadril, movimentos contra laterais de membros superiores, impulso horizontal gerado pela perna dominante, dentre outros. Tais variáveis são consequência da capacidade do atleta em controlar diferentes graus de liberdade para que o movimento seja eficiente.

REFERÊNCIAS

- 1- PLAMADON, A., ROY, B. (1984) Cinématique et cinétique de la course accélérée. Canadian journal of applied sports Science, 9.42-52.
- 2 – ZUSHI ET AL. (2014). Kinematics of transition during human accelerated sprinting. *Biology Open*, 3, 689–699.
- 3 - KOWALSKI ET AL. (2015). Selected Determinants of Acceleration in the 100m Sprint. *Journal of Human Kinetics*, v. 45, 135-148.
- 4 – 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.
- 5–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.
- 6 – RABITTA ET AL. (2015). Acceleration capability in elite sprinters and ground impulse: Push more, brake less? *Journal of Biomechanics*. V. 48; 3149–3154.
- 7 – TREWARTHA ET AL. (2000). Kinematic aspects of block phase technique in sprinting. Conference. 1 – 5.
- 8 – TZIORTZIS ET AL. (2008). Strength power parameters As predictor of sprinting performance. *Journal sports medicine and fitness*. 48: 447-454.
- 9 – NEWHOUSE ET AL (2008). Starting with the “right” foot minimizes sprint start time. *Acta Psychologica*. 127. 495–500.
- 10 – CAPPOZZO, A. ET AL. (2013) Trunk Inclination Estimate During the Sprint Start Using an Inertial Measurement Unit: A Validation Study - Trunk Inclination Estimate During the Sprint Start Using an Inertial Measurement Unit: A Validation Study - Vol. 29, nº5, p.622-627.

12 – WILLWACHER ET AL. (2015). Magnitude and technical characteristics of external force production in the starting blocks: Relationship with performance. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, Poitiers, France. 507-510.

13 – DOLENEC ET AL. (1998). Kinematic and kinect parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. *Gymnica*, 28. 33- 42.

14 – DUMAS ET AL. (2010). Segment-interaction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters. *Journal of Biomechanics*. 43. 1494–1502.

15 – BONNEFOY ET AL. (2012). 3D Kinematic of Bunched, Medium and Elongated Sprint Start. *Int J Sports Med*; 33: 555–560.

16 – TOMAZIN ET AL. (2006). Kinematic analysis of the sprint start 21:3; 23-33 2006 and acceleration from the blocks. *IAAF*. 21:3; 23-33.

17 – MOUCHBAHANI, R.; GOLHOFER, A. & DICKHUTH, H. (2004). Pulley systems in sprint training. *Modern Athlete and Coach*, 42(3), 14-17.

18 – LOCKIE, R.; MURPHY, A. & SPINKS, C. (2003). Effects of resisted sled towing on sprint kinematics in field-sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 60-767.

Observação: Os autores declaram não existir conflitos de interesses de qualquer natureza.