



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Ciências Sociais e Humanas

# **Fatores determinantes da prova de 100m no Atletismo: breve revisão da literatura**

**Alexandre Gameiro**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Ciências do desporto**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Daniel Marinho  
Co-orientador: Prof. Doutor Henrique Neiva

**Covilhã, outubro de 2018**



# Agradecimentos

Ao longo da vida sofremos constantemente influencias de outros indivíduos e vivenciamos diferentes sociologias emocionais, e como tal, sinto agradecido, a esses indivíduos que contribuíram ou não para esta minha, sociologia emocional.

Agradeço aos meus coordenadores, pelo imenso tempo prestado, pela paciência, pela motivação e, muito importante, pelo o que são e representam enquanto professores-pessoa nesta determinada tarefa, dão um exemplo de alto-profissionalismo, e um modelo que deveria ser seguido por muitos outros.



# Resumo

De forma geral, tanto os treinadores como os investigadores procuram compreender todo o processo de treino. E como tal, existe uma tentativa de caracterizar o atleta e de associar certos comportamentos/componentes a ele, ou seja, metodologicamente descrever/explicar um determinado objeto de estudo. Portanto, este estudo tem como objetivo resumir e analisar os dados obtidos pela investigação relativamente aos fatores determinantes da prova de 100 metros do atletismo. Para tal, procedeu-se a uma pesquisa de artigos científicos recorrendo às bases de dados Web of Knowledge; pubmed, Sciencedirect, Scopus e Ebsco, totalizando cerca de 426 documentos. Depois de retirar os duplicados e excluir os que não cumpriam os critérios de inclusão, a pesquisa resultou num total de 28 artigos, sendo 14 de variáveis biomecânicas, 4 de variáveis fisiológicas e os restantes 10 relacionados com aspetos do rendimento. Parecem existir bastantes limitações na metodologia de recolha dos fatores influenciadores do rendimento na prova de 100 m, dificultando as comparações entre os estudos e formulação de evidências claras. No entanto, com os resultados obtidos pudemos verificar que um velocista de 100m é habitualmente caracterizado por uma baixa capacidade de Vo<sub>2</sub>max e baixa tolerância ao lactato. Diferentes metodologias de recolha de dados são utilizados para a cinética e cinemática das fases das corridas, e por essa mesma razão a comparação entre artigos é pouco consistente. Existe controvérsia de qual é o membro inferior mais importante no rendimento da partida de blocos e limitações metodológicas na investigação da fase de aceleração. No entanto, parece existir o pressuposto de que o desempenho da prova de 100m está relacionado com uma frequência universalmente pouco variada entre atletas de classe mundial enquanto o comprimento determina assim o número de passos até 100m. Também é evidenciado que a tarefa de correr tem de ser realizada de forma coordenada, para evitar movimento desviantes. A utilização de o método combinado de subida e descida não altera o desempenho, bem como uma pré-tensão voluntária nos blocos de partida. A utilização de treino de pliometria evidencia tempos de contacto mais curtos. Tanto os testes de saltos como o teste de 1 repetição máxima de agachamento relaciona-se mais com os tempos iniciais da corrida de 100m (0-60m) enquanto que dos 60-100m, o índice de força reativa e tempos parciais de distâncias iniciais, assumem maior importância. O teste do RAST também pode ser um indicador de performance.

## Palavras-chave

Biomecânica, Fisiologia, Treino, 100 metros, atletismo, *sprint*.



# Abstract

In general, both coaches and researchers seek to understand the whole training process. And as such, there is an attempt to characterize the athlete and to associate certain behaviors / components with him, that is, to methodologically describe / explain a particular object of study. Therefore, this study aims to summarize and analyze the data obtained by the research regarding the determinants factors of the discipline of 100 meters of athletics. To do so, a search of scientific articles was made using Web of Knowledge databases; pubmed, Scencedirect, Scopus and Ebsco, totaling about 426 documents. After removing the duplicates and excluding those that did not meet the inclusion criteria, the research resulted in a total of 28 articles, 14 of biomechanical variables, 4 of physiological variables and the remaining 10 related to aspects of yield. With the results obtained we could verify that a sprinter of 100m is usually characterized by a low capacity of Vo2max and, due to the lack of correlation between the blood lactate concentration and the time at 100m, low tolerance to lactate. Different data collection methodology is used for the kinetic and kinematic phases of the races, and for this same reason the comparison between articles is not very consistent. There is controversy as to which is the most important lower limb in the performance of the blocks departure and methodological limitations in the investigation of the acceleration phase. However, there appears to be a presumption that the performance of the 100m test is related to a universally unchanged frequency among world-class athletes while the length thus determines the number of steps up to 100m. It is also evidenced that the task of running has to be performed in a coordinated way, to avoid deviant movement. The use of the combined up and down method does not change performance as well as a voluntary pre-tension in the starting blocks. The use of plyometrics training showed shorter contact times. Both the jumping tests and the 1 maximum squat repeat test relate more to initial run times of 100m (0-60m) while 60-100m, the reactive force index and partial times of initial distances assume importance. The RAST test can also be a performance indicator.

## Keywords

Biomechanics, Physiology, Training, 100 meters dash, athletics or track and field, *sprint*.



# Índice

1 Introdução	1
2 Método	5
2.1 Abordagem experimental ao problema	5
2.2 Estratégia da pesquisa	5
3 Resultado	6
4 Discussão	17
5 Conclusão	21
6 Implicações praticas	23
7 Bibliografia	25



# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Aspectos fisiológicos

Tabela 2 - Partida de blocos

Tabela 3 - Aceleração

Tabela 4 - Velocidade máxima

Tabela 5 - Associações físicas do desempenho

Tabela 6 - Adaptações metodológicas

Tabela 7 - Adaptações biomecânicas



# Lista de Acrónimos

VO <sub>2</sub> max	Consumo máximo de oxigénio
100 m	100 metros
bpm	Batimentos cardíacos por minuto
CM	Centro de massa
Mf D_	Masculinos e femininos no mesmo grupo
V	Velocidade
CP	Comprimento da passada
FP	Frequência da passada
tC	Tempo de contacto
tA	Tempo aéreo
Âj	Ângulo do joelho
Âa	Ângulo da anca
Âtor	Ângulo do tornozelo
Âtro	Ângulo do tronco
dCMS	Distância entre CM ao ponto de contacto com o solo
n	Número
ÍP	Índice da passada
Tih	Impulsão horizontal
Lanço	Lançamento de ombros
Tps	Teste do penta salto
Tds	Teste do deca salto
Fimt	Força isométrica máxima do tronco
1RMa	1 repetição máxima de agachamento
T20mpb	Teste dos 20m com pré-balanço
Fh	Força horizontal
dCmlp	Distância do centro de massa a linha de partida
trec	Tempo de reação
Vpp	Velocidade produzida pelas pernas
Vpm	Velocidade perdida pelas mãos
Âb	Ângulo dos braços
Amh	Amplitude de movimento horizontal
RAST	Running anaerobic sprint test



# Introdução

O *sprint* é um modo de locomoção de alta velocidade (Nagahara, Matsubayashi, Matsuo, & Zushi, 2014) e essencial para muito dos desportos (Nagahara, Naito, Morin, & Zushi, 2014; Paradisis, Bissas, & Cooke, 2015), do qual o vencedor na disciplina de 100 metros é intitulado do homem ou mulher mais rápida do mundo (Nagahara, Matsubayashi, et al., 2014; Smirniotou et al., 2008). Vários são os pressupostos determinantes do rendimento na corrida, sendo que, de acordo com Johnson and Buckley (2001), o sucesso da corrida de velocidade depende inicialmente de uma rápida partida e manutenção da velocidade o mais alta possível.

A fase da partida de blocos caracteriza-se por exibir a maior aceleração durante toda a corrida de velocidade, destacando a importância crítica dessa para o desempenho geral (Brazil et al., 2017). Segundo Gutierrez-Davila, Dapena, e Campos (2006) três ações acontecem antes do início da corrida de velocidades: ao comando de voz “aos seus lugares”, cada atleta desloca-se para os blocos colocando os membros inferiores em contacto com o bloco de partida e com ambas as mãos e joelho da perna traseira em contacto com chão; de seguida, o comando “pronto” é dado, e o atleta levanta o joelho da perna traseira do chão, deslocando o centro de massa do corpo para cima e para a frente esperando pelo tiro de partida e início da prova; depois do disparo do tiro de partida, há um período de tempo de reação durante o qual o atleta permanece nos blocos e após isso os pés exercem grandes forças para trás, contra os blocos, enquanto o atleta acelera para a frente, e sai dos blocos. No entanto, a ação de empurrar subdivide-se em duas fases, na primeira a ação exige um movimento bilateral dos membros inferiores e, na segunda, a perna traseira deixa o bloco e a ação de empurrar é executada com a perna da frente, num movimento unilateral (Bračić, Supej, Peharec, Bačić, & Čoh, 2010).

A partida de blocos foi sujeita a numerosos estudos biomecânicos descritivos e experimentais (Bezodis, Salo, & Trewartha, 2015). Destintas variações na cinemática e na cinética podem diferenciar biomecanicamente os atletas (Bezodis et al., 2015; Čoh, Peharec, Bacic, & Mackala, 2017) permitindo assim, a cinética, uma compreensão das causas do movimento dos segmentos e da necessidade músculo-esquelética de realizar uma habilidade específica (Brazil et al., 2017), indicar a soma resultante de toda as articulações num movimento (Johnson & Buckley, 2001), analisar direções com as magnitudes resultantes das forças, e a cinemática, de recolher informações úteis sobre o movimento (Ciacci, Merni, Bartolomei, & Di Michele, 2017).

Numa prova de corrida de atletismo, os atletas devem acelerar a partir de uma posição imóvel (Bezodis, Salo, & Trewartha, 2014). Segundo Maćkata, Fostiak, e Kowalski (2015), a

fase de aceleração pode ser subdividida em fase de aceleração inicial (0-12 metros), fase de aceleração principal (12 a 35 metros) e só para atletas de elite a fase de transição (35-60 metros), que termina com maior comprimento e frequência da passada, conseqüentemente a velocidade máxima.

Para melhorar o desempenho máximo e a velocidade do *sprint*, parece lógico aumentar tanto o comprimento quanto a frequência da passada (Nagahara, Naito, et al., 2014). No entanto, Maćkała and Mero (2013) referem que o aumento dos dois indicadores ao mesmo tempo é difícil devido à sua dependência mútua. Apesar de existir algum debate acerca de qual dos parâmetros é mais benéfico para os velocistas (Maćkała & Fostiak, 2015), também é referido por Bradshaw, Maulder, e Keogh (2007) que a variabilidade nas características da passada tem sido tradicionalmente vista como uma limitação para o desempenho bem-sucedido das tarefas de locomoção.

Os treinadores periodizam os programas de treino, e cada fase de periodização tem objetivos e métodos de treino específicos, para desenvolver vários componentes de treino necessários para o desporto (Kamandulis et al., 2012). Segundo os mesmos autores, é comum utilizar o treino de potência de resistência combinado com o treino de potência de alta intensidade na preparação dos velocistas.

Muitos métodos diferentes de treino foram usados para melhorar o desempenho do *sprint* (Paradisis et al., 2015), utilizando métodos que afetam o comprimento e frequência da passada (Maćkała & Fostiak, 2015). Utilizar um treino, como o objetivo na frequência da passada, baseia-se na capacidade neuromuscular dos atletas, produzindo uma transferência positiva no desempenho; no entanto, a eficácia deste método ainda não foi verificada (Monte, Muollo, Nardello, & Zamparo, 2017). Um dos métodos de treino que supõem o aumento da frequência pode ser o treino pliométrico específico de *sprint* (Maćkała & Fostiak, 2015); um outro seria a redução da distância de treino em comparação à distancia oficial e, por fim, segundo Paradisis et al. (2015) correr em superfícies inclinadas é um método de treino amplamente utilizado com o objetivo de criar um estímulo adicional para melhorar a velocidade.

De acordo com Maćkała et al. (2015), comparar as características da velocidade com o nível de habilidades motoras, principalmente a capacidade de saltar e a força das extremidades inferiores, fornecerá informações necessárias sobre a eficácia da produção de força para a propulsão. Contudo, desconhece-se a existência de estudos investigando as correlações entre características físicas ou fisiológicas e desempenho competitivo em velocistas (Loturco et al., 2015; Smirniotou et al., 2008). Todavia, nos últimos tempos, foram desenvolvidos vários testes para a avaliação da capacidade anaeróbica (Paradisis, Tziortzis, Zacharogiannis, Smirniotou, & Karatzanos, 2005).

Segundo Legaz-Arrese et al. (2007), houve uma grande variedade de variáveis fisiológicas a serem estudadas para determinar as características dos atletas que competiam em diferentes provas de corrida e que o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) tem sido a variável mais estudada. No entanto, para alcançar e manter altas velocidades de corrida é preciso um grande gasto energético e que a magnitude de produção metabólica de energia é difícil de avaliar (Hautier et al., 1994).

Em suma, podemos verificar que existe uma diversidade de variáveis inerentes ao desempenho na prova de 100 metros, sendo que algumas das quais ainda são pouco claras acerca da sua influência no resultado final da prova de velocidade em atletismo. Assim sendo, o presente estudo tem como objetivo resumir e organizar as evidências científicas que incidem sobre os fatores que influenciam a prova de 100 metros do atletismo, procurando estudar variáveis biomecânicas, fisiológicas e de rendimento.



## **Métodos**

### **Abordagem experimental ao problema**

Este estudo tem como objetivo resumir: (1) métodos de recolha de dados, (2) variáveis de desempenho, (3) procedimentos experimentais, (4) resultados, nas investigações existentes acerca da população de velocistas de 100 m, na modalidade de atletismo. Como o tema de interesse é a prova de 100m no atletismo, a pesquisa tem como critérios de inclusão: (1) a amostra dos estudos ser atletas federados de 100m e ter tempo oficial (medida de diferenciação), (2) idades compreendidas entre os 18 anos e os 35 anos, que corresponderá ao escalão Júnior a Sénior. Foram excluídos os artigos que incidiam apenas no controlo antropométrico. Procedeu-se à análise dos resultados dos respetivos artigos, como forma de enriquecer este documento e como forma de desenvolver vários caminhos, várias sugestões para que no futuro este artigo seja atualizado.

### **Estratégia da pesquisa**

Realizou-se no dia 1 de outubro de 2017, uma revisão bibliográfica nas bases de dados Web of Knowledge, Pubmed, Sciencedirect, Scopus e Ebsco, totalizando 426 artigos científicos, após a exclusão dos repetidos. Esse resultado proveio da utilização das palavras-chaves “100 m”, “100m”, “100 metre”, “100 metres”, “Track and field”, “athletics”, “100m race”, “100m run”, “100m dash”. Utilizaram-se termos gerais para que houvesse um maior número de artigos, o que seria um aspeto positivo tendo em conta o objetivo do documento. Nalgumas bases de dados a pesquisa foi restringida a periódicos, notícias e publicações comerciais; e incluídos termos como “*sprint*”, “*run*”, “*track and field*” entre outros. Só foram incluídos artigos científicos em inglês. As revisões da literatura não foram restringidas, para se poder, de forma empírica e de facilidade de análise, compreender se as palavras chaves foram eficientes para a pesquisa.

## Resultados

A pesquisa resultou num total de 28 artigos, sendo 4 de fatores fisiológicos (Tabela 1), 14 de fatores biomecânicos, e os restantes 10 de fatores do rendimento. Os artigos de biomecânica encontram-se organizados por partida de blocos (Tabela 2), aceleração (Tabela 3) e velocidade máxima (Tabela 4). Os artigos de rendimento encontram-se organizados por associações físicas do desempenho (Tabela 5), adaptações metodológicas (Tabela 6) e adaptações biomecânicas (Tabela 7). Os dados de seleção apresentadas nas tabelas são: autores, amostra, método de recolha de dados, variáveis e resultados; a exceção ocorre nas tabelas das adaptações metodológicas e biomecânicas em que se utiliza autor e amostra e autor e objetivo, em vez de só o autor.

**Tabela 1 - Fatores fisiológicos**

<b>Autor</b>	<b>Sujeitos</b>	<b>Métodos</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Legaz-Arrese et al. (2007)	18 masculinos de elite 5 feminino de elite	Espiroergometro na passadeira	VO <sub>2</sub> max	Menor VO <sub>2</sub> max face as outras disciplinas oficiais de corrida.
Korman, Straburzyńska-Lupa, Kusy, Kantanista, e Zieliński (2016)	8 masculinos de elite	Termografia por infravermelho	Temperatura da pele dos membros inferiores	Decréscimo na temperatura após aquecimento, mas posteriormente estabilizou até ao final. Não existe assimetria entre membros inferiores nem relação entre a temperatura e os bpm.
Arrese, Ostáriz, Carretero, e Blasco (2005)	18 masculinos de elite 5 femininos de elite	Ecocardiograma	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo no final da diástole e da sístole; diâmetro auricular esquerdo; diâmetros ventriculares direito; espessura do septo interventricular no final da diástole e espessura da parede posterior	Correlação negativa entre o diâmetro interno do ventrículo esquerdo no final da diástole e o desempenho nos 100m.
Hautier et al. (1994)	12 masculinos de elite	Análise ao sangue	Concentração de lactato no sangue	Não houve correlação entre a concentração de lactato no sangue e o tempo aos 100m, e nem com a média da velocidade nos últimos 65m.

VO<sub>2</sub>max - consumo máximo de oxigénio, bpm - batimentos cardíacos por minuto

**Tabela 2 - Fatores biomecânicos: partida dos Blocos**

<b>Autor</b>	<b>Sujeitos</b>	<b>Métodos</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Bračić et al. (2010)	12 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de infravermelhos Plataforma de força	Ângulos do tornozelo, joelho e quadril Força máxima de reação ao solo; impulso da força de reação ao solo	Menor valor do Índice bilateral no salto com contramovimento está relacionado com um maior pico de produção de força da perna traseira na 2ª fase e maior impulso total nos blocos.
Bradshaw et al. (2007)	10 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de infravermelhos	Tempo total no bloco; frequência e comprimento da passada; tempo de contacto; velocidade angular das coxas, joelhos e tornozelo; posições angulares do tronco, das coxas, dos joelhos e nos tornozelos	Correlação negativa entre a variabilidade na velocidade horizontal na partida de blocos e o desempenho nos 10m. A baixa variabilidade na velocidade horizontal na partida de blocos e a alta variabilidade na velocidade angular do tornozelo foram os melhores indicadores de rendimento.
Čoh et al. (2017)	6 masculinos de elite 6 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de infravermelhos; plataforma de força; fotocélulas	Força total; força máxima na direção vertical como horizontal; tempo do pico de força; força total de impulso; impulso total horizontal e vertical; força de impulso; tempo de reação; tempo de reação total nos blocos e em cada bloco; velocidade de saída; aceleração nos blocos; comprimento e tempo de contacto;	A força total no bloco traseiro, força máxima vertical no bloco traseiro e da força de impulso total foram significativamente diferentes entre grupos. A força total do bloco frontal correlacionou-se significativamente com o desempenho de 100 m.
Otsuka et al. (2014)	9 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de	Magnitude e ângulo da força de reação ao solo; tempo de contacto, de voo e de	Os velocistas profissionais vetor sagital da força de reação ao solo mais inclinado para frente do que os amadores na saída de

	9 masculinos amador	vídeo; plataforma de força	oscilação; comprimento e largura do passo	<p>blocos.</p> <p>O vetor transversal da força de reação ao solo, que causam a aceleração ântero-posterior e mediolateral do corpo foram direcionados para a direção anterior mais nos velocistas bem treinados em comparação com os outros velocistas, durante a saída e os subsequentes passos.</p>
Bezodis et al. (2014)	1 masculino de classe mundial 1 masculino de elite	Filmagem com câmaras de vídeo; plataforma de força	Momentos, força e trabalho resultantes das articulações metatarsofalanges, tornozelo, joelho e do quadril	<p>As articulações metatarso-falange e do tornozelo exibiram os momentos de flexão plantar resultantes durante a fase de contacto.</p> <p>O melhor velocista gerou maiores quantidade de energia da articulação do joelho.</p> <p>Os momentos e a força resultantes do extensor do joelho foram produzidos durante a maior parte da fase de contacto e o melhor velocista foi o que teve maiores valores</p>
Brazil et al. (2017)	10 masculino de elite	Filmagem com câmaras de infravermelhos; plataforma de força; blocos de partida com plataforma de força	Pico do momento da extensão do tornozelo, do joelho, da anca; pico de potência negativa e positiva do tornozelo, da anca; pico de potência positiva do joelho; trabalho positivo e negativo do tornozelo; trabalho positivo do joelho; trabalho negativo e positivo da anca; trabalho relativo do tornozelo, joelho e anca; velocidade-tempo angular da articulação flexão-extensão do joelho, anca e tornozelo; momento-tempo normalizado da articulação do tornozelo,	<p>Maior pico de momento, potência e trabalho na articulação do joelho no bloco dianteiro e no primeiro apoio do que no bloco posterior.</p> <p>Durante a fase de apoio, os dados cinéticos da articulação do joelho atingiram os valores máximos.</p>

---

			joelho e anca; potencia-tempo normalizado da articulação da articulação do tornozelo, joelho e anca	
Bezodis et al. (2015)	16 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de vídeo	Angulo do tronco, posterior e anterior da anca, posterior e anterior do joelho e posterior e anterior do tornozelo; duração do voo; comprimento normalizado da passada; distancia normalizada da receção; angulo da anca, joelho e tornozelo na receção; velocidade angular na fase de empurrar, traseiro e dianteiro do tornozelo, joelho e anca	Correlação positiva entre a velocidade do quadril da frente e a potência do bloco. A duração relativa de empurrar da perna traseira correlaciona-se positivamente com a potência no bloco. Correlação positiva entre ângulo do quadril traseiro na saída do bloco e a potência do bloco pico de velocidade angular. A potência do bloco pela sua amplitude de movimento correlaciona-se positivamente com o pico de velocidade angular.
Ciacchi et al. (2017)	4 masculinos de classe mundial 4 femininos de classe mundial 6 masculinos de elite 4 femininos de elite	Filmagem com câmaras de vídeo	Distancia ente CM e a linha de partida; altura do CM; angulo do joelho dianteiro e traseiro e angulo da anca do membro inferior posterior e anterior; velocidade horizontal CM e velocidade vertical do CM; Tempo de contacto e aéreo e comprimento do passo	Os homens tiveram uma fase de empurrar mais curta, maior velocidade horizontal ao sair dos blocos e tempo de contactos mais curtos nos dois primeiros passos. Velocistas mais rápidos tiveram um centro de massa mais próximo do solo e um joelho frontal mais flexionado na posição de “pronto”, maior duração na fase de empurrar, menor velocidade vertical do CM na saída de blocos e maior tempo de contacto e menor tempo de voo nos dois primeiros passos.

---

CM - Centro de massa

**Tabela 3 - Fatores biomecânicos: aceleração**

Autor	Sujeitos	Métodos	Variáveis	Resultado
Nagahara, Naito, et al. (2014)	21 masculinos profissional	Filmagem com câmaras de vídeo; fotocélulas	Frequência e comprimento da passada; tempo de contacto e aéreo; taxa de variação das variáveis acima	A aceleração relaciona-se positivamente como comprimento do 5º ao 19º passo, com a frequência nos 2 primeiros passos e últimos 3 passos e com o tempo de voo no 8º ao 10º passo. A aceleração relaciona-se negativamente como tempo de contacto no 11º ao 16º passo e com o tempo de voo no 20º ao 25º passo. Correlação negativa entre o comprimento e a frequência em cada passo.
Nagahara, Matsubayashi, et al. (2014)	12 masculinos de elite	Filmagem com câmaras de infravermelhos; plataforma de força; fotocélulas	Altura do CG; tempo e distancia anterior de contacto; distancia e tempo de contacto; comprimento e frequência da passada; altura média do CG; altura media e altura media do CG da anca; angulo da cabeça, do tronco superior e inferior; velocidade anterior da perna, coxa e do pé; velocidade posterior da perna, coxa e do pé; deslocamento angular e velocidade media angular da anca; pico de velocidade de extensão do joelho; variação do angulo do joelho	Observou-se 3 subfase na fase de aceleração da corrida. 1ª transição caracteriza-se pelo contacto do pé a frente do CG e início da flexão do joelho durante a fase de apoio, terminando aumento da frequência da passada. 2ª transição caracteriza-se pelo fim das mudanças das posições corporais e início da diminuição da intensidade dos movimentos da articulação do quadril. Foram encontradas diferentes estratégias para cada secção, a 1ª remete para utilização da coxa e perna, a 2ª remete a coxa, perna e pé e 3ª remete para a perna e pé.
Johnson and Buckley (2001)	6 masculinos de elite	Filmagem com câmaras de vídeo;	Picos do momento da anca, joelho e tornozelo; picos de potência da anca, joelho e tornozelo; velocidade angular, momento	Os resultados mostraram um sincronismo proximal a distal na geração do pico de força extensora durante o contacto no quadril, o joelho e depois o tornozelo, com os flexores plantares

		plataforma de força	resultante, potencia resultante muscular da anca, joelho e tornozelo	produzindo o maior pico de potência. A potência do joelho foi insignificante apesar de um grande momento extensor durante o apoio.
Hunter, Marshall, and McNair (2004)	4 masculinos profissional e de elite	Filmagem com câmaras de vídeo; plataforma de força	Momento resultante do tornozelo, joelho e anca; força de reação ao solo; velocidade angular da anca, joelho e tornozelo; velocidade e aceleração do pé, da perna e da coxa	O momento da extensão do quadril foi a principal determinante da velocidade angular crescente da coxa durante o primeiro terço da fase de apoio. O momento de extensão do quadril e do joelho bem como os efeitos de interação do segmento fazem com que a coxa alcance uma velocidade angular máxima durante o meio terço do apoio. O tornozelo e em menor grau, o joelho amorteceram o impacto na perna, no momento de reação ao solo. A aceleração angular do pé foi determinada quase completamente pelo momento articular resultante no tornozelo e o momento interativo devido à força de reação do solo.

**Tabela 4 - Fatores biomecânicos: velocidade máxima**

<b>Autor</b>	<b>Sujeitos</b>	<b>Métodos</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Mačkala and Mero (2013)	Atletas de classe mundial	Análise de vídeo	Tempo; velocidade; frequência e comprimento da passada; número de passos total; percentagem relativa	O recordista do mundo tem uma maior amplitude de passada em comparação com os outros finalistas. Não houve grande alteração nas três corridas mais rápida do mundo
Monte et al. (2017)	10 masculinos profissional 10 masculinos amador 10 femininos profissional 10 femininos amador	Optojump; fotocélulas	Tempo de contacto e aéreo; comprimento e frequência da passada; velocidade de corrida; mudanças percentuais da velocidade de corrida, rigidez vertical e rigidez da perna; força máxima vertical; deslocamento vertical do trocânter até ao ponto de aplicação da força na aterragem até a realização da força máxima vertical; máxima compressão elástica da perna	Corelação negativa entre a frequência e comprimento do passo. A velocidade máxima foi alcançada na serie sem restrição de frequência e onde são encontrados valores mínimos na rigidez da perna e da compressão máxima da mola da perna na serie sem restrição. Tempo de contacto e de voo, força vertical máxima e o deslocamento máximo do centro de massa diminuíram com o aumento da frequência. A rigidez vertical aumenta com a frequência do passo. O género influencia significativamente todas as variáveis com exceção compressão máxima da mola da perna. O nível de treino influencia significativamente frequência, velocidade de corrida, força máxima vertical, deslocamento máximo do centro de massa, rigidez do membro inferior e vertical.

**Tabela 5 - Fatores de rendimento: associações físicas do desempenho**

<b>Autor</b>	<b>Sujeitos</b>	<b>Métodos</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Paradisis et al. (2005)	28 mf recreativos	Testes do RAST	Potência máxima, mínima e média; índice de fadiga	Correlação negativa entre o desempenho nos 100m e a potência máxima relativa e potência média relativa.
Pilianidis, Mantzouranis, and Kasabalis (2012)	52 classe mundial	Análise a relatórios	Tempo de reação	Não existe correlação entre o desempenho nos 100m e o tempo de reação na partida.
Smirniotou et al. (2008)	25 masculinos amador	Testes físicos	Salto em agachamento; salto com contramovimento, salto sobre uma caixa para o chão com ressalto, 15 s a saltar e corrida oficial de 100m	Associação entre salto em agachamento, repeated jump, altura do drop jump e o índice de força reativa com a velocidade aos 10 m, 30 m, 60 m e 100 m. Tempo de reação dependia da diferença entre o salto com contramovimento e o em agachamento. Velocidade dos 0 a 10 m depende do drop jump e salto em agachamento. Velocidade dos 10 a 30 m depende do salto em agachamento. Velocidade dos 30 a 60 m e dos 60 aos 100m depende do índice de força reativa.
Loturco et al. (2015)	14 masculinos de elite	Plataforma de força; fotocélulas	Saltos em agachamento; salto com contramovimento; comprimento parado, series de 50m; 3RM de agachamento	Associações positivas entre os testes de velocidade e o tempo aos 100m. Associação positiva entre a potência máxima media propulsiva e o resultado aos 100m. Correlação negativa do salto em agachamento, saltos horizontais e salto com contramovimento com o recorde aos 100m.

**Tabela 6 - Fatores de rendimento: adaptações metodológicas**

<b>Autor/amostra</b>	<b>Métodos</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Treino</b>	<b>Resultado</b>
Mačkala and Fostiak (2015) 14 masculinos profissional	Optojump; fotocélulas  Testes físicos	Tempo total; comprimento, frequência e velocidade do passo; tempo de contato e de voo; mudança de velocidade 20m com pré-balanço; 60 m oficiais; salto em agachamento; salto com contramovimento; comprimento parado; triplo parado	5 sessões de pliometria em 2 semana no período específico; Após o treino de força ou de velocidade; Total de contactos variou entre 180 a 255;	Diminuição do tempo de contacto tanto na partida como na fase de aceleração inicial. Aumento do tempo de voo nos primeiros passos e diminuição nos restantes. Correlação entre os 60m e todos testes de saltos.
Kamandulis et al. (2012) 7 masculinos profissional	Aparelhos de choques elétricos Dinamómetro ao quadríceps Testes físicos	Pico do torque tetânico; meio tempo da contração; meio tempo de relaxamento Torque de contração voluntaria máxima isométrica 60 m; salto com contramovimento; salto sobre uma caixa para o chão com ressalto	3 semanas de treino de potência de resistência, 1 semana de testes e descanso, 4 semanas de treino de potência de alta intensidade; 60-90% de intensidade máxima de 20 s com 5-10 repetições e 95-100% de intensidade máxima por 5-10 s com 5-10 repetições	Houve melhoria do tempo dos 60 m após as 4 semanas de potência de alta intensidade. Correlação negativa entre a melhoria do tempo dos 60 m com o torque de contração voluntaria máxima. Frac correlação entre a melhoria do tempo dos 60 m e as mudanças da cinética contrátil do musculo quadríceps.

**Tabela 7 - Fatores de rendimento: adaptações biomecânicas**

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Método</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Resultado</b>
Otsuka, Kawahara, and Isaka (2016)	Diferenciar a corrida na prova e no treino	19mf	Filmagem com câmara de vídeo	V; CP; FP; TC; TA	Melhor desempenho na prova do que no treino através frequência da passada, com a diminuição do tempo de contacto.
Paradisis et al. (2015)	Analisar os efeitos do treino combinado de descida e subida	12mf	Filmagem com câmara de vídeo	V; CP; FP; TC; TA; ÂJ; Âa; Âtor; Âtro; dCMS	Aumento da velocidade máxima no grupo combinado entre testes. Maior ângulo do tornozelo durante a aterragem no grupo combinado.
Mačkala et al. (2015)	Examinar as relações entre a cinemática e testes físicos com a aceleração	11 masculinos profissional	Filmagem com câmara de vídeo; teste físicos	t, n, CP; FP; ÍP; Tih; LançO; Tps; Tds; Fimt; 1RMa; T20pb	Correlação positiva entre o tempo aos 10 m e 30 m com 1Rm de agachamento, impulsão horizontal, penta saltos, deca salto.
Gutierrez-Davila et al. (2006)	Investigar a influencia da partida de blocos com pre-tensão	19 masculinos profissional	Filmagem com câmara de vídeo, plataforma de força	Fh; dCmlp; trec; Vpp; Vpm; Âb; Amh	Não houve diferenças de desempenho entre as duas partidas.

Mf D\_ - masculinos e femininos no mesmo grupo; V-velocidade; CP - comprimento da passada; FP- frequência da passada; tC - tempo de contacto; tA - tempo aéreo; Âj - ângulo do joelho; Âa - ângulo da anca; Âtor - ângulo do tornozelo; Âtro - ângulo do tronco; dCMS - distância entre CM ao ponto de contacto com o solo; n - número; ÍP - índice da passada; Tih - impulsão horizontal; LançO - Lançamento de ombros; Tps - teste do penta salto; Tds - teste do deca salto; Fimt - Força isométrica máxima do tronco; 1RMa - 1 repetição máxima de agachamento; T20mpb - teste dos 20m com pré-balanço; Fh - Força horizontal; dCmlp - distância do centro de massa a linha de partida; trec - tempo de reação; Vpp - velocidade produzida pelas pernas; Vpm - velocidade perdida pelas mãos; Âb - ângulo dos braços; Amh - amplitude de movimento horizontal.

## Discussão

Este estudo tem como objetivo resumir e analisar os dados obtidos pela investigação relativamente aos fatores determinantes do rendimento desportivo na prova de 100 metros do atletismo. Como se pôde verificar, o número de artigos publicados aumenta à medida que se aproxima do presente ano, indicador esse, rudimentar, mas que possivelmente indica uma melhoria na metodologia da literatura e do interesse nesta área de investigação. No entanto, principalmente nos artigos de biomecânica, o método de recolha e tratamento de dados, bem como o procedimento experimental, é muito variado, o que provavelmente impede a comparação de dados e formulação de resultados. Outra limitação da pesquisa, relacionada com o desempenho, é este estar muito dependente de alguns modelos de planeamento, que carecem de estudos científicos. Podemos também apontar que a maior parte dos artigos fisiológicos encontrados distinguem atletas de potência de atletas de resistência, sem especificar a amostra.

Dentro dos pressupostos de rendimento mais estudados e que parecem mais influenciadores do rendimento em atletismo encontram-se a biomecânica e a fisiologia. Por um lado, podemos verificar que um velocista de 100 metros é habitualmente caracterizado por uma baixa capacidade de  $Vo_{2max}$  (Legaz-Arrese et al., 2007) e baixa tolerância ao lactato (Hautier et al., 1994).

Podemos verificar que existe uma enorme diversidade de métodos de recolha de dados e de análise, de diferentes procedimentos e de diferentes variáveis analisadas. Enquanto existem estudos que partem de análise de vídeos (Maćkała & Mero, 2013), outros utilizam a filmagem com câmaras de baixa resolução (Bezodis et al., 2014, 2015; Ciacci et al., 2017; Hunter et al., 2004; Johnson & Buckley, 2001; Maćkała & Mero, 2013; Nagahara, Naito, et al., 2014; Otsuka et al., 2014) e outros que utilizam, ainda, 1 ou 10 câmaras de infravermelhos (Bračić et al., 2010; Bradshaw et al., 2007; Brazil et al., 2017; Čoh et al., 2017; Nagahara, Matsubayashi, et al., 2014). Podemos relatar também a utilização de certas fórmulas estimativas para a cinética do movimento, enquanto outros estudos utilizam plataformas de forças. Existem estudos que restringem a utilização de sapatilhas de bicos (Nagahara, Matsubayashi, et al., 2014) e outro não (Otsuka et al., 2014). No que toca ao procedimento experimental, podemos verificar que alguns estudos compreendem 5 partidas de bloco, noutra 80m oficiais (sendo os extremos); podemos observar também que o tempo de descanso varia bastante, sem informação do tempo até 15 minutos. Mesmo dividido a corrida em três fases, fase da partida de blocos, fase de aceleração e fase da corrida máxima, existe essa discrepância na metodologia em vários trabalhos. Também podemos observar diversas variáveis de estudo dentro de artigos com o mesmo tema. É por essas mesmas razões que os

resultados não podem ser cegamente comparados. No entanto, grande parte dos estudos utilizam atletas de nível profissional a classe mundial, o que é de salientar pela positiva.

Com o objetivo de analisar a relação bilateral nos blocos de partida, Bračić et al. (2010) descobriram que para existir uma uniformidade entre os dois membros é preciso aumentar o pico de produção de força no bloco traseiro na fase final da saída de blocos e aumentar o impulso total no bloco de partida. No entanto, noutro estudo é evidenciado que a força total do bloco dianteiro se correlaciona com o desempenho nos 100 m (Čoh et al., 2017). Além disso, foi indicado que existe um maior pico do momento, potência e trabalho na articulação do joelho no bloco dianteiro em comparação com o bloco posterior (Brazil et al., 2017), correlação positiva entre a velocidade do quadril da frente e a potência do bloco (Bezodis et al., 2015), correlação positiva entre o tempo relativo da perna traseira ao empurrar o bloco com a potência do bloco (Bezodis et al., 2015) e correlação positiva entre o ângulo do quadril posterior de saída e a potência dos blocos e pico de velocidade angular (Bezodis et al., 2015).

A partida de blocos foi também relacionada com a variabilidade do movimento, concluindo que existe uma correlação negativa entre a variabilidade na velocidade horizontal e o desempenho da prova, variabilidade essa que permite uma consistência na produção de velocidade nos dois primeiros passos, com o controlo da amplitude da passada (Bradshaw et al., 2007). Tanto a alta variabilidade angular do tornozelo, como a baixa variabilidade de velocidade horizontal, foram os melhores indicadores de rendimento encontrados (Bradshaw et al., 2007).

Relativamente à cinética do primeiro apoio, pode-se registar que o joelho teve um papel fundamental, nomeadamente o momento e força resultante dessa articulação. Em comparação com a partida de blocos (Brazil et al., 2017), houve menor envolvimento da zona da anca no apoio em comparação com a partida, e em comparação com a articulação do tornozelo (Brazil et al., 2017). Tanto a articulação do tornozelo como a metatarsofalange exibiram momentos de flexão plantares nessa ação, caracterizando-se sobretudo pela geração de energia na anca enquanto a metatarsofalange foi a articulação que absorveu a energia (Bezodis et al., 2014).

No que toca a comparações entre géneros, podemos evidenciar que os homens apresentam menor tempo de contacto na saída, maior velocidade horizontal na saída e tempos de apoio mais curtos em comparação com as mulheres (Ciacci et al., 2017). Já entre atletas de classe mundial e de elite existem diferenças na quantidade de energia da articulação do joelho no primeiro apoio (Bezodis et al., 2014), centro de massa mais perto no solo na posição de “pronto” (Ciacci et al., 2017), maior duração na fase de empurrar (Ciacci et al., 2017), menor velocidade vertical do centro de massa na saída (Ciacci et al., 2017), maior tempo de contacto e menor tempo de voo nos dois primeiros passos (Ciacci et al., 2017). De acordo com Čoh et al. (2017), atletas de elite distinguem-se na força total no bloco traseiro, força

máxima vertical no bloco traseiro e força de impulso total. Com o objetivo de comparar a magnitude, direção e impulso nos blocos entre atletas profissionais e atletas amadores, Otsuka et al. (2014) identificaram maiores inclinações à frente na saída de blocos e tendências para a direção anterior do vetor transversal da força de reação ao solo que causam a aceleração ântero-posterior e mediolateral do corpo.

A aceleração aparece retratada cinematicamente através dos parâmetros cinemáticos da passada (Nagahara, Naito, et al., 2014) e através de parâmetros cinemáticos das posições corporais (Nagahara, Matsubayashi, et al., 2014); e a cinética tem sido analisada a partir de plataforma de força (Hunter et al., 2004; Johnson & Buckley, 2001).

Segundo Nagahara, Matsubayashi, et al. (2014) existem 3 subfase de aceleração, em que a primeira transição se caracteriza pelo contacto do pé ser efetuado à frente do centro de gravidade e com o início da flexão do joelho durante a fase de apoio, terminando com o aumento da frequência da passada; a segunda transição caracteriza-se pelo fim das mudanças das posições corporais e início da diminuição da intensidade dos movimentos da articulação do quadril. Os mesmos autores ainda revelam que as estratégias na primeira subfase remetem para a utilização da coxa ou do pé, na segunda para a utilização da coxa, ou perna, ou pé e na última fase para a utilização da perna ou do pé. No que refere a associação entre aceleração e cinemática da passada, observou-se que existe correlação positiva entre o comprimento do 5º ao 19º passo, e a frequência nos 2 primeiros passos e nos últimos 3 passos e com o tempo de voo do 8º ao 10º passo; por outro lado, existe uma correlação negativa entre o tempo de contacto do 11º ao 16º passo e o tempo de voo do 20º ao 25º passo (Nagahara, Naito, et al., 2014).

Com diferente metodologia, um com partida de blocos e outro com partida de pé, foram analisados para a cinética da aceleração. O primeiro conclui que a ordem na geração do pico de força extensora durante o apoio se inicia no quadril, joelho e depois no tornozelo, com os flexores plantares a produzir maior pico de potência (Johnson & Buckley, 2001). O segundo, de acordo com Hunter et al. (2004), acontece no momento da extensão do quadril, tendo sido o principal determinante da velocidade angular crescente da coxa durante o primeiro terço do apoio; já no terço intermédio do apoio, o momento de extensão do quadril e do joelho e o efeitos da interação do segmento foram os elementos que mais contribuíram para a velocidade angular máxima. Foi também realçado que o tornozelo e, em menor grau, o joelho amortecem o impacto na perna, no momento de reação ao solo e que aceleração angular do pé foi determinada quase completamente pelo momento articular resultante no tornozelo e pelo momento interativo devido à força de reação do solo.

Sobre a fase de velocidade máxima, Maćkała e Mero (2013) referem que o recordista do mundo distingue-se pela sua maior amplitude de passada. Noutro documento, com o objetivo de investigar o resultado que provoca a variação da frequência da passada nos outros

parâmetros cinemáticos, Monte et al. (2017) concluíram que o tempo de contacto e voo, força vertical máxima e o deslocamento máximo do centro de massa diminuiu com o aumento da frequência, enquanto que a rigidez aumenta com o aumento da frequência. Pode ser visto que a velocidade máxima foi alcançada na série sem restrição da frequência e que nessa série são encontrados valores mínimos na rigidez da perna e da compressão máxima da mola da perna. Além disso, os mesmos autores referem que o género influencia todas as variáveis com exceção da compressão máxima ao nível da perna e que o nível de treino influencia a frequência, velocidade de corrida, força máxima vertical, deslocamento máximo do centro de massa, e a rigidez do membro inferior.

Como forma de programação do treino, os treinadores devem diferenciar os múltiplos exercícios motores aplicados no treino e exercícios de controlo ou testes físicos. Esses métodos de treino e de controlo têm diferentes especificidades fisiológicas e diferentes interações biomecânicas. Como tal, foi identificado que a potência máxima relativa e a potência média relativa, no teste do RAST, correlaciona-se negativamente com o desempenho nos 100m (Paradisis et al., 2005); que não existe qualquer relação entre os 100 m e o tempo de reação (Pilianidis et al., 2012), entre os 100 m e a pré-tensão voluntária nos blocos (Gutierrez-Davila et al., 2006) e entre os 100 m e o treino de séries combinadas de subidas e descidas (Paradisis et al., 2015); que existe melhor desempenho na prova do que no treino (Otsuka et al., 2016); que como a utilização do treino pliométrico houve uma diminuição do tempo de contacto (Maćkała & Fostiak, 2015); e que houve uma melhoria no tempo dos 60m após 4 semanas de treino de potência de alta intensidade, antes de 3 semanas de treino de força de resistência (Kamandulis et al., 2012). Além disso, registou-se uma associação entre o salto em agachamento, saltos repetidos, altura do salto em profundidade e o índice de força reativa com a velocidade aos 10 m, 30 m, 60 m e 100 m (Smirniotou et al., 2008). No entanto, Loturco et al. (2015) registaram associações positivas entre o tempo dos 100m e os testes de velocidade, bem como com a potência máxima média propulsiva. Além disso, registaram também correlações negativa entre o salto em agachamento, saltos horizontais e salto com contramovimento e o recorde aos 100m.

Por isso, recomenda-se uma organização bibliográfica, em termos de conteúdos especializado, diferenciado pela interação dos aspetos fisiológicos e biomecânicos limitados à população universalmente ativa. Parece ainda existir limitações na metodologia de recolha de dados biomecânicos, pelo que se torna uma tarefa complexa a comparação de resultados entre diferentes estudos.

## Conclusão

O presente trabalho pretendeu analisar de forma qualitativa os fatores determinantes do rendimento na prova de 100m, realçando a interação entre os fatores biomecânicos e fisiológicos e o rendimento desportivo. Em primeira instância foi possível perceber que a investigação sobre este tema tem vindo a aumentar nos últimos anos, com um aumento considerável no número de publicações. No entanto, carecem ainda de resultados claros sobre estes fatores. Enquanto fatores biomecânicos, parece-nos de revelo realçar a importância da partida dos blocos para o rendimento desportivo, com os atletas de elite a serem capazes de maior força de impulsão total e potência. Parece também ser determinante a fase inicial da prova, com velocidade dos primeiros passos da corrida, sendo de realçar a importância da maior frequência gestual no início da prova e a amplitude da passada a partir do 5º passo. No que se refere aos fatores fisiológicos, e apesar de carecerem de estudos claros acerca destes, parece-nos importante realçar que o rendimento nos 100m parece influenciado positivamente pela força explosiva dos membros inferiores e a potência desenvolvida pelos mesmos. Curiosamente, os atletas especialistas nesta prova parecem tendencialmente possuir menor  $VO_2max$  do que os demais corredores.



## Implicações práticas

Parecem existir bastantes limitações na metodologia de recolha dos fatores influenciadores do rendimento na prova de 100 m, dificultando as comparações entre os estudos e formulação de evidências claras. No entanto, parece que a frequência gestual e a amplitude da passada parecem ser determinantes, assim como a partida do bloco. Assim sendo, parece-nos relevante que o treinador e o atleta se debruçam sobre a técnica de corrida, procurando privilegiar os movimentos rápidos e de elevada frequência numa fase inicial da corrida e a amplitude da passada numa segunda fase da corrida, sem movimentos desviantes. As evidências apontam que as forças explosivas dos membros inferiores influenciam o rendimento, pelo que, os testes de saltos, a repetição máxima de agachamento e o “running anaerobic sprint test” podem ser utilizados pelos treinadores para avaliação e controlo do treino.



## Bibliografija

- Arrese, A. L., Ostáriz, E. S., Carretero, M. G., & Blasco, I. L. (2005). Echocardiography to measure fitness of elite runners. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 18(5), 419-426. doi:10.1016/j.echo.2005.02.002
- Bezodis, N. E., Salo, A. I. T., & Trewartha, G. (2014). Lower limb joint kinetics during the first stance phase in athletics sprinting: three elite athlete case studies. *J Sports Sci*, 32(8), 738-746. doi:10.1080/02640414.2013.849000
- Bezodis, N. E., Salo, A. I. T., & Trewartha, G. (2015). Relationships between lower-limb kinematics and block phase performance in a cross section of sprinters. *Eur J Sport Sci*, 15(2), 118-124. doi:10.1080/17461391.2014.928915
- Bračič, M., Supej, M., Peharec, S., Bačić, P., & Čoh, M. (2010). An investigation of the influence of bilateral deficit on the counter-movement jump performance in elite sprinters. *UTVRDIVANJE UTJECAJA BILATERALNOG DEFICITA NA IZVEDBU SKOKA S PRIPREMOM KOD VRHUNSKIH SPINTERA.*, 42(1), 73-81.
- Bradshaw, E. J., Maulder, P. S., & Keogh, J. W. L. (2007). Biological movement variability during the sprint start: Performance enhancement or hindrance? *Sports Biomechanics*, 6(3), 246-260. doi:10.1080/14763140701489660
- Brazil, A., Exell, T., Wilson, C., Willwacher, S., Bezodis, I., & Irwin, G. (2017). Lower limb joint kinetics in the starting blocks and first stance in athletic sprinting. *J Sports Sci*, 35(16), 1629-1635. doi:10.1080/02640414.2016.1227465
- Ciacchi, S., Merni, F., Bartolomei, S., & Di Michele, R. (2017). Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. *J Sports Sci*, 35(13), 1270-1278. doi:10.1080/02640414.2016.1221519
- Čoh, M., Peharec, S., Bacic, P., & Mackala, K. (2017). Biomechanical Differences in the Sprint Start Between Faster and Slower High-Level Sprinters. *J Hum Kinet*, 56, 29-38. doi:10.1515/hukin-2017-0020
- Gutierrez-Davila, M., Dapena, J., & Campos, J. (2006). The effect of muscular pre-tensing on the sprint start. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(3), 194-201.
- Hautier, C. A., Wouassi, D., Arsac, L. M., Bitanga, E., Thiriet, P., & Lacour, J. R. (1994). Relationships between postcompetition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68(6), 508-513. doi:10.1007/BF00599521
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *J Biomech*, 37(9), 1439-1446. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.12.018>
- Johnson, M. D., & Buckley, J. G. (2001). Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting. *J Sports Sci*, 19(4), 263-272. doi:10.1080/026404101750158330
- Kamandulis, S., Skurvydas, A., Brazaitis, M., Stanislovaitis, A., Duchateau, J., & Stanislovaitiene, J. (2012). Effect of a Periodized Power Training Program on the

- Functional Performances and Contractile Properties of the Quadriceps in Sprinters. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 83(4), 540-545.
- Korman, P., Straburzyńska-Lupa, A., Kusy, K., Kantanista, A., & Zieliński, J. (2016). Changes in body surface temperature during speed endurance work-out in highly-trained male sprinters. *Infrared Physics and Technology*, 78, 209-213. doi:10.1016/j.infrared.2016.08.003
- Legaz-Arrese, A., Munguía-Izquierdo, D., Nuviala Nuviala, A., Serveto-Galindo, O., Moliner Urdiales, D., & Reverter Masía, J. (2007). Average VO2max as a function of running performances on different distances. *Science and Sports*, 22(1), 43-49. doi:10.1016/j.scispo.2006.01.008
- Loturco, I., Pereira, L. A., Cal Abad, C. C., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Kitamura, K., . . . Nakamura, F. Y. (2015). Vertical and Horizontal Jump Tests Are Strongly Associated With Competitive Performance in 100-m Dash Events. *J Strength Cond Res*, 29(7), 1966-1971. doi:10.1519/jsc.0000000000000849
- Maćkała, K., & Fostiak, M. (2015). Acute Effects of Plyometric Intervention-Performance Improvement and Related Changes in Sprinting Gait Variability. *J Strength Cond Res*, 29(7), 1956-1965. doi:10.1519/jsc.0000000000000853
- Maćkała, K., Fostiak, M., & Kowalski, K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *J Hum Kinet*, 45, 135-148. doi:10.1515/hukin-2015-0014
- Maćkała, K., & Mero, A. (2013). A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. *J Hum Kinet*, 36(1), 149-160. doi:10.2478/hukin-2013-0015
- Monte, A., Muollo, V., Nardello, F., & Zamparo, P. (2017). Sprint running: how changes in step frequency affect running mechanics and leg spring behaviour at maximal speed. *J Sports Sci*, 35(4), 339-345. doi:10.1080/02640414.2016.1164336
- Nagahara, R., Matsubayashi, T., Matsuo, A., & Zushi, K. (2014). Kinematics of transition during human accelerated sprinting. *Biology Open*, 3(8), 689-699. doi:10.1242/bio.20148284
- Nagahara, R., Naito, H., Morin, J. B., & Zushi, K. (2014). Association of acceleration with spatiotemporal variables in maximal sprinting. *Int J Sports Med*, 35(9), 755-761. doi:10.1055/s-0033-1363252
- Otsuka, M., Kawahara, T., & Isaka, T. (2016). Acute response of well-trained sprinters to a 100-m race: Higher sprinting velocity achieved with increased step rate compared with speed training. *J Strength Cond Res*, 30(3), 635-642. doi:10.1519/JSC.0000000000001162
- Otsuka, M., Shim, J. K., Kurihara, T., Yoshioka, S., Nokata, M., & Isaka, T. (2014). Effect of expertise on 3D force application during the starting block phase and subsequent steps in sprint running. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(3), 390-400. doi:10.1123/jab.2013-0017

- Paradisis, G. P., Bissas, A., & Cooke, C. B. (2015). Effect of combined uphill-downhill sprint training on kinematics and maximum running speed in experienced sprinters. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 10(5), 887-897.
- Paradisis, G. P., Tziortzis, S., Zacharogiannis, E., Smirniotou, A., & Karatzanos, L. (2005). Correlation of the running-based anaerobic sprint test (RAST) and performance on the 100M, 200M and 400M distance tests. *Journal of Human Movement Studies*, 49(2), 77-92.
- Pilianidis, T. H., Mantzouranis, N., & Kasabalis, A. (2012). Start reaction time and performance at the sprint events in world athletic championships. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(1), 112-118.
- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E., & Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 447-454.