



UNILEÃO – CENTRO UNIVERSITÁRIO DR LEÃO SAMPAIO
CURSO DE FISIOTERAPIA

EMANUEL DE SOUSA LIMA SAMPAIO

COMPARAÇÃO DA CINEMÁTICA DA CORRIDA EM SUJEITOS SAUDÁVEIS
PRÉ E PÓS EXPOSIÇÃO A FADIGA: SÉRIE DE CASOS

JUAZEIRO DO NORTE
2022

EMANUEL DE SOUSA LIMA SAMPAIO

**COMPARAÇÃO DA CINEMÁTICA DA CORRIDA EM SUJEITOS SAUDÁVEIS
PRÉ E PÓS EXPOSIÇÃO A FADIGA: SÉRIE DE CASOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio (Campus Lagoa Seca), como requisito para obtenção do Grau de Bacharelado.

Orientador: Prof. Esp. Thiago Santos Batista

JUAZEIRO DO NORTE
2022

EMANUEL DE SOUSA LIMA SAMPAIO

**COMPARAÇÃO DA CINEMÁTICA DA CORRIDA EM SUJEITOS SAUDÁVEIS
PRÉ E PÓS EXPOSIÇÃO A FADIGA: SÉRIE DE CASOS**

DATA DA APROVAÇÃO: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Professor Esp. Thiago Santos Batista
Orientador

Professora Ma. Rebeka Boaventura Guimarães
Examinador 1

Professora Ma. Ana Georgia Amaro Alencar Bezerra
Examinador 2

JUAZEIRO DO NORTE
2022

ARTIGO ORIGINAL

COMPARAÇÃO DA CINEMÁTICA DA CORRIDA EM SUJEITOS SAUDÁVEIS PRÉ E PÓS EXPOSIÇÃO A FADIGA: SÉRIE DE CASOS

Autores: Emanuel de Sousa Lima Sampaio¹, Thiago Santos Batista².

Formação dos autores

- 1- Acadêmico do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Leão Sampaio.
- 2- Professor do Colegiado de Fisioterapia do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio. Especialista em Fisioterapia Musculoesquelética pela Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo – SP.

Correspondência: emanuel050500.17@outlook.com;
thiagobatista@leaosampaio.edu.br.

Palavras-chave: Avaliação; Corrida; Fadiga; Lesões.

RESUMO

Introdução: A corrida é um esporte de fácil acesso, baixo custo-benefício e que gera impacto positivo na saúde dos adeptos; com isso houve um aumento no número de praticantes dessa modalidade. Devido a sua “fácil” execução os desportistas não buscam ajuda profissional durante sua prática, por isso se faz importante a avaliação da cinemática e da saúde postural desses indivíduos, tendo em vista que a fadiga gerada nessa modalidade pode causar modificações na ação muscular durante o exercício, aumentando os riscos de alterações de padrão, lesões por *overuse*, entorses, estiramentos e dentre outras. **Objetivo:** Por tanto, o objetivo do presente estudo foi identificar e avaliar alterações nos padrões cinemáticos de corredores pré e pós indução de um protocolo de fadiga controlado pela escala de esforço de Borg. **Metodologia:** O estudo trata-se de uma série de casos de caráter quali-quantitativo, onde foram realizadas avaliações da corrida em praticantes de desportos, no qual foi feito o destacamento de pontos anatômicos e filmagem da corrida sobre esteira em três momentos (fase inicial, média e final), no qual o sujeito passou por um protocolo de fadiga controlado pela escala de Borg. Após isso, as filmagens foram analisadas por um software gerando os resultados em números. **Resultados:** Foram analisados 3 sujeitos praticantes de atividade física de forma regular com média de idade de $20,6 \pm 0,5$ e foram feitas coletas como supracitado, e através das mesmas pode-se notar alteração da cinemática a depender do plano analisado, da fase da corrida e do momento de apoio do pé, mostrando maiores alterações no momento entre a fase medial e final, principalmente nos momentos de reposta a carga e apoio médio, onde o corpo após o cansaço mostrou padrões e comportamentos cinemáticos diferentes dos iniciais gerando aumento propensão a lesões. **Discussão:** Devido às análises fora notado que a fadiga gera alterações significativas no pico de angulações em diferentes fases e momentos da corrida, com isso as compensações como a inclinação frontal de tronco podem ser benéficas para outra articulação como a do joelho, já alterações como a inclinação do tronco lateralmente para o mesmo lado de apoio da perna pode ser maléfico aumentando então o valgo, podemos notar a exacerbação com decorrer da instalação da fadiga. **Conclusão:** Conclui-se por meio deste estudo que uma vez que os sujeitos sejam expostos a níveis de esforços físicos que aumentem a fadiga, os mesmos ficam predispostos a promover alterações nos picos angulares de todas as principais articulações envolvidas no corpo humano, de modo que ficam mais suscetíveis a sofrer lesões no aparelho musculoesquelético, em especial nos joelhos.

Palavras-chave: Avaliação; Corrida; Fadiga; Lesões.

ABSTRACT

Introduction: Running is an easily accessible sport, low cost-benefit and generates positive impact on the supporters health; with this there was an increase in the numbers of practitioners of this modality. Due to its “easy” execution, athletes do not seek professional help during their practice, therefore, it is important to evaluate the kinematics and postural health of these individuals, considering that the fatigue generated in this modality can cause changes in muscle action during exercise, increasing the risk of pattern changes, overuse injuries, sprains, strains, and others. **Objective:** Therefore, the objective of the present study was to identify and evaluate alterations in the kinematics patterns of controllers pre and post induction of a fatigue protocol controlled by the Borg effort scale. **Methodology:** The study is about a series of cases of qualitative nature, where estimations of the running in sports practitioners were carried out, in which the anatomical points were highlighted and the running was filmed on a treadmill in three moments (initial phase, medium and final), in which the subject underwent a fatigue protocol controlled by the Borg scale. After that, the footage was conducted by software generating the results in numbers. **Results:** It was analyzed 3 subjects practicing regular physical activity, with a mean age of 20.6 ± 0.5 and collections were made as mentioned above and through them it is possible to perceive changes in the kinematics depending on the plane analyzed, the running phase and the moment of foot support, showing greater alterations in the moment between the medial and final phase, mainly in the moments of response to load and means of support, where the body after fatigue showed patterns and kinematic behaviors different from the initial ones, generating an increase in the propensity to injuries. **Discussion:** Due to the analyzes it was noted that fatigue generates changes in the peak of angles in different phases and moments of the race, with that the compensations such as the frontal inclination of the trunk can be granted to another articulation as the knee, already alterations as the inclination of the trunk trunk laterally to the same side of support of the leg can be harmful, then increasing the valgus, we can notice the exacerbation with continuation of the installation of the fatigue. **Conclusion:** It is concluded through this study that once the subjects are exposed to levels of physical exertion that increase fatigue, they are predisposed to promote in the angular peaks of all the main joints involved in the human body, so that they are more suffered injuries to the musculoskeletal system, especially the knees.

Keywords: Evaluation; Running; Fatigue; Injuries.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que atualmente a corrida é tida como um esporte/lazer e com isso pode-se citar a corrida de rua que é um exercício bastante comum e altamente aclamado pela população, o mesmo vem sendo praticado cada vez mais, esse crescente pode estar associado ao seu baixo custo benefício e sua alta praticidade (GONÇALVES, 2011).

As corridas assim como os demais esportes são amplamente importantes quando se diz respeito a prevenção de óbitos prematuros causados por doenças crônicas não transmissíveis (WARBURTON; BREDIN, 2016). Isso se dá por conta dos efeitos fisiológicos que alteram o funcionamento do metabolismo corporal. Por conta disso ultimamente a indústria esportiva está buscando se aperfeiçoar para conseguir extrair o melhor de cada atleta seja ele profissional ou amador, e isso tem influência direta em seu desempenho, corpo e mente (PULEO; MILROY, 2010).

Devido as características supracitadas a corrida se torna um esporte de fácil acesso a diferentes públicos, por conta disso uma pesquisa foi feita pela empresa Deloitte (2011) e a mesma mostrou resultados demonstrando que a corrida de rua é o segundo esporte com mais adeptos no Brasil. Tendo em vista os eventos dessa modalidade, existem federações em âmbito nacional (CBAt) e internacional (IAAF) que visam organizar e regulamentar os mesmos.

Por conta da alta adesão desse desporto a análise de alterações cinemáticas durante a prática esportiva nos atletas dessa modalidade é relevante para o entendimento da saúde postural e física dos praticantes (GRAÇA, 1986). Durante a prática dessa modalidade pode desencadear a fadiga da musculatura, resultando no não desenvolvimento de seu papel básico podendo gerar lesões, com isso é necessário entender qualitativamente quais tipos de percalços os atletas de tal modalidade estarão predispostos a encarar durante sua rotina de atividade física (KENNEY; WILMORE; COSTILL, 2020).

Levando em consideração a quantidade de praticantes dessa modalidade que não fazem acompanhamento profissional, surge o seguinte questionamento: Será que os padrões cinemáticos dos praticantes de atividades físicas se alteram após atingirem níveis de cansaço, quando comparado ao padrão inicial da prática da corrida?

Por conta disso, esse estudo foi estruturado para identificar e avaliar alterações nos padrões cinemáticos de corredores pré e pós indução de um protocolo de fadiga controlado pela escala de esforço de Borg (BORG, 1998), e com isso analisar *scores* de fadiga e compreender alterações biomecânicas e correlacioná-las se são sugestivas as lesões.

MÉTODO

A presente pesquisa se definiu por uma série de 3 casos envolvendo jovens hígidos que pudessem reproduzir o gesto da corrida, de modo que os dados obtidos pudessem ser analisados e interpretados de forma quali-quantitativa entre os sujeitos e individualmente sob cada sujeito.

Além disso, no que se refere aos aspectos éticos da presente pesquisa, o estudo foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio – CEP/UNILEÃO e obteve parecer favorável para sua produção sob o número CAAE: 63047622.3.0000.5048.

Local e período de realização

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Cinesioterapia do Curso de Fisioterapia no Centro Universitário Doutor Leão Sampaio (UNILEÃO) durante o período de fevereiro de 2022 à dezembro de 2022.

População e amostra

Para o desenvolvimento deste estudo, foram analisados 3 sujeitos universitários, hígidos, praticantes de atividade física regular com regularidade semanal de 3 vezes ou mais, mantendo um volume de treino de moderado a alta intensidade, assintomáticos e de ambos os gêneros.

Crítérios de elegibilidade

Foram incluídos na presente pesquisa, sujeitos que apresentaram idade superior à 18 anos, de ambos os gêneros, saudáveis, assintomáticos para quaisquer queixas musculoesqueléticas; que praticavam atividade física de forma regular por pelo menos 3 vezes na semana, e que não passaram por cirurgias ortopédicas nos últimos 3 meses. Conseqüentemente, foram excluídos os sujeitos com lesões prévias nos últimos 6 meses; que apresentassem alguma queixa de dor ou problemas musculoesqueléticos antes ou durante o processo de avaliação e coleta das amostras ou que não compareceram ao local previamente agendado sem justa causa; além disso, foram excluídos os sujeitos que apresentassem qualquer

problema neurológico associado, alterações de equilíbrio, problemas congênitos, padrões de deformidade musculoesqueléticos e/ou pessoas que apresentassem patologias cardiorrespiratórias.

Procedimento de coleta de dados

Para a avaliação da cinemática da corrida, o sujeito foi orientado a correr em uma Esteira eletrônica Profissional – RT 250 G3- 3.0 HP - *Movement*® com orientação da superfície regular, ou seja, sem configuração de aclives ou declives. Dessa forma, a câmera visando a avaliação do movimento do Smartphone Xiaomi Poco X3 PRO 128GB 6GB RAM Global® com frequência de 120Hz foi padronizada a ficar com uma distância de 2 metros do participante, seja por uma vista frontal posterior ou sagital, em seguida foram registrados os sujeitos durante a execução da corrida por meio da captura de vídeos com duração média de 15 segundos com dimensões bidimensionais, e conseqüente interpretação das fases da corrida posteriormente.

Uma vez calibrado os equipamentos de análise, o sujeito teve fixado ao corpo alguns marcadores retrorrefletivos nas seguintes proeminências ósseas: centro da cervical, trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral (*plano sagital*); sétima vértebra cervical, região dorsal do sacro, espinhas ilíacas póstero-superiores, fossa poplíteia e centro do calcâneo (*plano frontal posterior*) (RODRIGUES, 2019).

Imagem 1 – Anatomia palpatória dos pontos específicos e colocação das marcações.

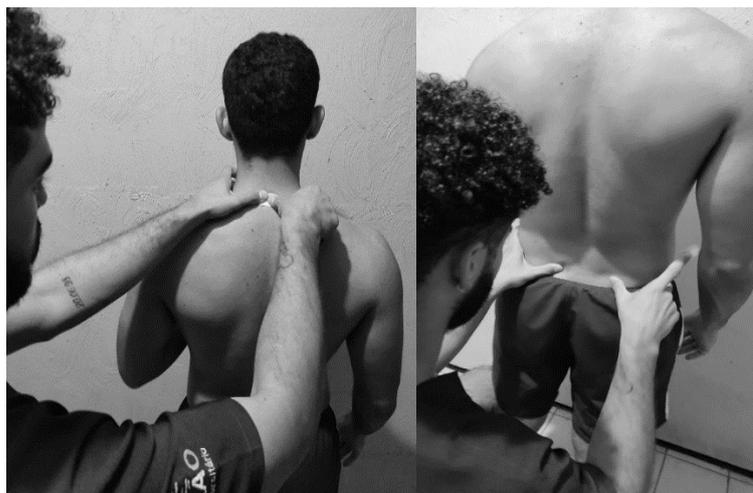


Imagem 2 – Colocação dos marcadores no plano sagital e plano frontal posterior



As capturas das imagens de vídeo foram realizadas em três momentos, sendo: fase inicial (período adaptativo da corrida); fase média (momento atingido a metade da escala de esforço); e fase final (após a pontuação máxima estipulada como critério de fadiga). Paralelo a isso, o sujeito passou por um protocolo de fadiga induzida e foi acompanhado por meio de uma escala de percepção de esforço percebido por Borg (BORG, 1998), que é frequentemente utilizada por corredores com a finalidade de controlar de forma subjetiva os limites suportados por seu corpo, onde o sujeito fora questionado no mesmo momento da captura dos vídeos quanto ao seu nível de fadiga (SUÁREZ-RODRÍGUEZ; DEL VALLE, 2019). Sendo assim, o protocolo de indução a fadiga iniciou com o sujeito trotando na esteira em uma velocidade a qual ele se sintia confortável (SALAS SÁNCHEZ *et al.*, 2014).

Imagem 3 – Serie de imagens representando os momentos avaliativos em apoio médio do início da corrida, meio da corrida e final da corrida, ambas avaliadas pelo plano sagital.

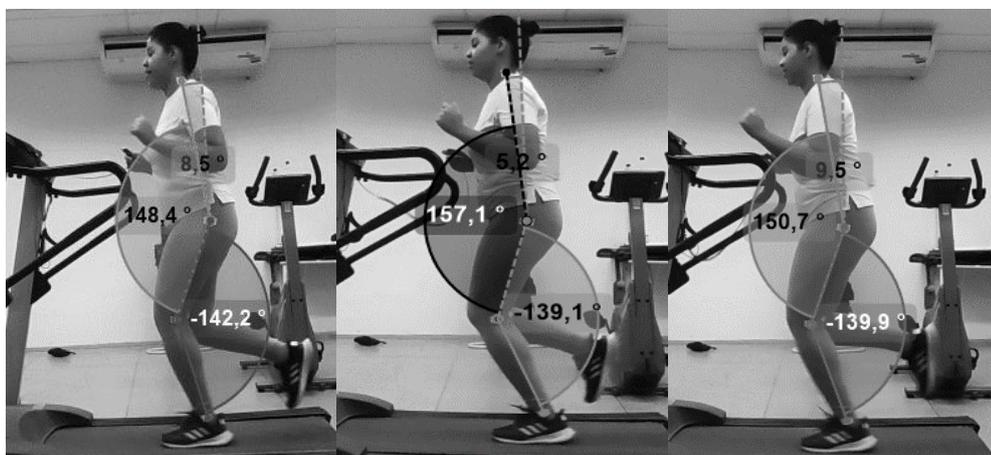
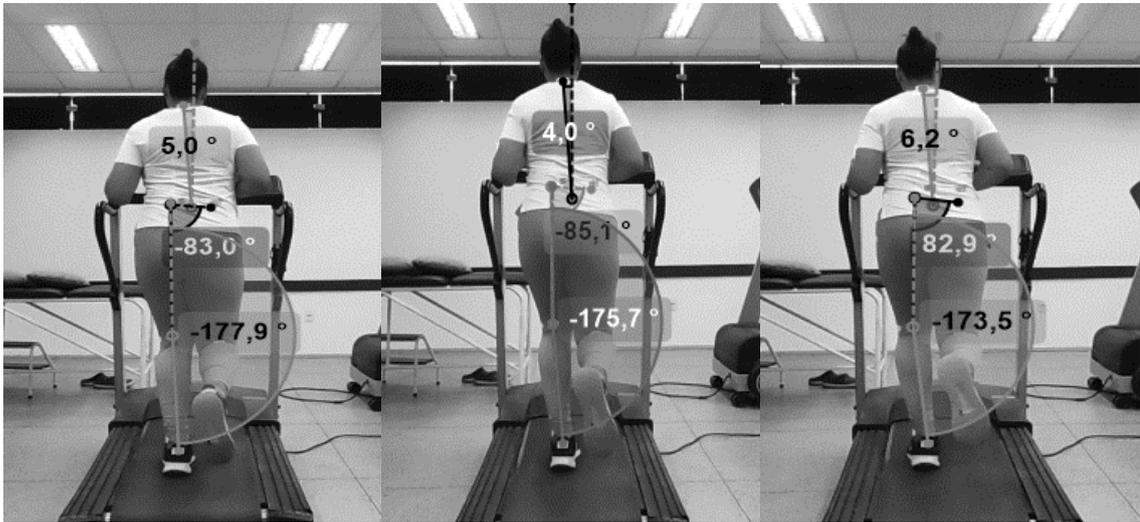


Imagem 4 – Serie de imagens representando os momentos avaliativos em apoio médio do início da corrida, meio da corrida e final da corrida, ambas avaliadas pelo plano frontal posterior.



Após a gravação dos vídeos as imagens foram inseridas e analisadas por meio de um recurso computadorizado através do *software Kinovea Video Editor*® (versão 0.9.5) conforme (imagens 1 e 2), a fim de obter os resultados quantitativos sobre as fases de pico das angulações promovidas durante todo o ciclo da corrida.

Análise dos dados

As análises de dados aconteceram por meio da tabulação dos valores angulares obtidos pelo *software Kinovea Video Editor*® (versão 0.9.5) que foram inseridos em tabelas nas planilhas do *software Microsoft Excel*® e para posterior interpretação dos padrões de posicionamento do atleta e comparação com os valores normativos apresentados na literatura.

RESULTADOS

Foi realizada uma avaliação e coleta de dados em 3 sujeitos ($N=03$), onde 2 eram do sexo feminino (66,66%) e 1 (33,33%) do sexo masculino. Os mesmos tinham média de idade de $20,6 \pm 0,5$ anos e média de IMC de $22,8 \pm 2,5$ (*classificação normal*); todos os sujeitos desta amostra praticavam a mesma modalidade de atividade física em comum, sendo o treinamento

resistido (musculação) e o treinamento aeróbico, onde apresentaram uma média de exposição a prática de $12 \pm 10,8$ meses e frequência de treino de 5 vezes semanais.

Após a coleta dos dados e exposição dos indivíduos a fadiga por meio do método avaliativo, obtivemos os resultados da média de distância percorrida que foi de 1.366m (1,36km), onde pudemos quantificar e traçar uma média de velocidade atingida, onde a média da velocidade mínima foi de $7,6\text{km/h} \pm 0,0$ e a média da velocidade máxima foi de $10,8 \pm 1,3\text{km/h}$. Como a análise tinha o intuito de indução de fadiga a média da minutagem da corrida foi de $8,3 \pm 4,0$.

Tabela 1 – Valores das características dos sujeitos avaliados

CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS E PRÁTICA ESPORTIVA	
<i>Amostra:</i>	<i>3 sujeitos</i>
<i>Gênero:</i>	<i>2 (feminino) e 1 (masculino)</i>
<i>Média de idade:</i>	<i>$20,6 \pm 0,5$ anos</i>
<i>IMC:</i>	<i>$22,8 \pm 2,5$</i>
<i>Atividade esportiva realizada:</i>	<i>Musculação e cardio (todos os sujeitos)</i>
<i>Tempo de prática (meses):</i>	<i>$16 \pm 6,9$ meses</i>
<i>Média da frequência dos treinos:</i>	<i>$5 \pm 0,0$ vezes na semana</i>
<i>Média da distância percorrida:</i>	<i>$1.366,6 \pm 896,2$ (m)</i>
<i>Média da velocidade mínima atingida:</i>	<i>$7,6 \pm 0,0$ (km/h)</i>
<i>Média da velocidade média atingida:</i>	<i>$9,6 \pm 0,7$ (km/h)</i>
<i>Média da velocidade máxima atingida:</i>	<i>$10,8 \pm 1,3$ (km/h)</i>

Através das capturas de imagens pudemos analisar e quantificar especificamente a angulação das estruturas corporais previamente destacadas e com isso obtivemos em graus os movimentos articulares, onde no plano sagital foram analisados os seguintes momentos da corrida: contato inicial, resposta a carga, apoio médio e apoio terminal; no plano frontal foi analisado apenas o momento de apoio médio, uma vez que representa o momento de melhor interação entre o sujeito e absorção de choque com o solo.

Tabela 2 – Valores angulares nas fases da corrida obtido de todos os sujeitos da pesquisa

MEDIDAS DOS PICOS ANGULARES DA CINEMÁTICA DOS CORREDORES AMADORES							
PERFIL DO SUJEITO		INICIO DA CORRIDA		METADE DA CORRIDA		FINAL DA CORRIDA	
Sujeito: D. S. F. Idade: 20 anos Atividade física: <i>Musculação e cardio</i> Km percorrida: 2,4km	Plano sagital	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 6,1° Quadril: 19,7° Joelho: 10,4°	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 8,8° Quadril: 28,9° Joelho: 12,6°	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 10,4° Quadril: 29,9° Joelho: 13,3°
		<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 5,9° Quadril: 24° Joelho: 30,6°	<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 9° Quadril: 33° Joelho: 32,3°	<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 11,3° Quadril: 37,2° Joelho: 40,9°
		<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 6,8° Quadril: 19,8° Joelho: 37,6°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 9,4° Quadril: 30,9° Joelho: 38,6°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 11,7° Quadril: 34,1° Joelho: 46,9°
		<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 9° Quadril: 2,9° Joelho: 19°	<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 13,6° Quadril: 3,1° Joelho: 17,5°	<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 13,1° Quadril: 3,5° Joelho: 18,6°
	Plano frontal	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 5,1° Quadril: 2,8° Joelho: 7,1°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 9,9° Quadril: 4° Joelho: 11,5°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 8,5° Quadril: 4,2° Joelho: 11,9°
Sujeito: L. M. P. S. Idade: 21 anos Atividade física: <i>Musculação e cardio</i> Km percorrida: 900m	Plano sagital	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 6,4° Quadril: 20° Joelho: 6,8°	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 6,5° Quadril: 22° Joelho: 9,5°	<i>Contato inicial:</i>	Tronco: 4,6° Quadril: 22,1° Joelho: 12,2
		<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 6,6° Quadril: 24,2° Joelho: 28,2°	<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 6,9° Quadril: 29,6° Joelho: 32,9°	<i>Resposta a carga:</i>	Tronco: 7,7° Quadril: 31,7° Joelho: 37°
		<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 6,7° Quadril: 21° Joelho: 37,2°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 7,9° Quadril: 23,1° Joelho: 39,6°	<i>Apoio médio:</i>	Tronco: 9,1° Quadril: 30,8° Joelho: 42,1°
		<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 8,2°	<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 7,8°	<i>Apoio terminal:</i>	Tronco: 7,8°

			<i>Quadril: 12,6° Joelho: 13,3°</i>		<i>Quadril: 14,4° Joelho: 9,7°</i>		<i>Quadril: 21,6° Joelho: 4,6°</i>
	<i>Plano frontal</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 2,9° Quadril: 3,7° Joelho: 3,6°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 6,6° Quadril: 1,2° Joelho: 6,4°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 7,7° Quadril: 2,2° Joelho: 10,2°</i>
		<i>Contato inicial:</i>	<i>Tronco: 7,2° Quadril: 21,4° Joelho: 2°</i>	<i>Contato inicial:</i>	<i>Tronco: 2,2° Quadril: 17,8° Joelho: 10,3°</i>	<i>Contato inicial:</i>	<i>Tronco: 4,5° Quadril: 20,4° Joelho: 3,4°</i>
	<i>Plano sagital</i>	<i>Resposta a carga:</i>	<i>Tronco: 7,8° Quadril: 29,9° Joelho: 30°</i>	<i>Resposta a carga:</i>	<i>Tronco: 3,1° Quadril: 25,3° Joelho: 33,2°</i>	<i>Resposta a carga:</i>	<i>Tronco: 7° Quadril: 27,1° Joelho: 25,1°</i>
		<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 8,5° Quadril: 31,6° Joelho: 37,8°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 5,2° Quadril: 22,9° Joelho: 40,9°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 9,5° Quadril: 29,3° Joelho: 40,1°</i>
		<i>Apoio terminal:</i>	<i>Tronco: 8,9° Quadril: 11,6° Joelho: 6,9°</i>	<i>Apoio terminal:</i>	<i>Tronco: 5,9° Quadril: 13,2° Joelho: 11,3°</i>	<i>Apoio terminal:</i>	<i>Tronco: 8,3° Quadril: 13° Joelho: 10°</i>
	<i>Plano frontal</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 5° Quadril: 7° Joelho: 2,1°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 4,0° Quadril: 4,9° Joelho: 4,5°</i>	<i>Apoio médio:</i>	<i>Tronco: 6,2° Quadril: 7,1° Joelho: 6,5°</i>
<i>Sujeito: M. E. A. N.</i>							
<i>Idade: 20 anos</i>							
<i>Atividade física: Musculação e cardio</i>							
<i>Km percorrida: 800m</i>							

Verificou-se que o sujeito 1 no plano sagital durante o contato inicial que é o momento do primeiro toque do calcanhar ao solo, o mesmo tem uma maior inclinação de tronco no período final da corrida (10,4°) passando levemente do valor de normalidade considerado fisiológico e apresentou menor flexão de quadril (29,9°) e de joelho (13,3°) no final da corrida; já na resposta a carga que é a fase de aplanamento do pé, o mesmo demonstrou maior inclinação de tronco (11,3°) no período final da corrida exacerbando o valor de normalidade e apresentou menor flexão de quadril (37,2°) e de joelho (40,9°) também no final da corrida; no apoio médio que é o descolamento do calcanhar do chão a inclinação de tronco (11,7°) continuou a aumentar no período final da corrida e a diminuição na flexão de quadril (34,1°) veio nessa fase, já a flexão de joelho (46,9°) continuou diminuindo na fase final; no apoio terminal o tronco (13,6°) teve o maior valor de inclinação dentre todas as fases da corrida acontecendo agora no período médio e ao final da corrida a extensão de quadril (3,5°) e joelho (18,6°) foram normais. No plano frontal é analisado apenas o apoio médio e com isso a inclinação de tronco (9,9°) se mostrou maior na fase média, a angulação do quadril (4,2°) teve maior valor na fase final demonstrando maior queda da pélvis e o joelho (11,9°) teve maior valor na fase final da corrida indicando maior valgismo.

O sujeito 2 no plano sagital no momento de contato inicial apresentou angulação de inclinação de tronco (6,5°) na metade da corrida, apresentou menor flexão de quadril (22,1°) e joelho (12,2°) ao final; na resposta a carga a inclinação de tronco (7,7°) se mostrou maior na fase final juntamente com o pico de angulação do quadril (31,7°) e o joelho (12,2°) teve menor flexão na fase final da corrida; no apoio médio o tronco (9,1°) teve maior inclinação na fase final da corrida, o quadril (3,9°) e joelho (24,4°) tiveram menor amplitude nessa mesma fase; já no apoio terminal tronco (8,2°) teve maior inclinação no início e o joelho (13,3°) teve maior pico de angulação nessa mesma fase, o quadril (21,6°) teve maior extensão na fase final. No plano frontal tronco (7,7°) e joelho (10,2°) se mostraram mais alterados durante a fase final e quadril (3,7°) na fase inicial.

Já o sujeito 3 demonstrou maior angulação de inclinação de tronco no plano sagital na fase inicial em quase todos os momentos (CI= 7,1°; RC= 7,8; AT= 8,9°), o único que teve momento que mudou foi no apoio médio (9,5°) que teve maior inclinação na fase final; o quadril (21,4°) teve angulação de flexão maior na fase inicial, o quadril nas três primeiras fases analisadas (21,4°; 29,9°; 31,6°) apresentou maior pico de angulação na fase inicial e no apoio terminal sua maior angulação foi na fase média da corrida (13,2°); durante toda a fase média da corrida o joelho mostrou maiores picos de angulação (10,3°; 33,2°; 40,9°; 11,3°). No plano

frontal o tronco (8,9°) mostrou maior angulação na fase inicial e o quadril (13,2°) e joelho (11,3°) foram na fase média.

DISCUSSÃO

O principal intuito do presente estudo foi analisar a cinemática de sujeitos jovens universitários e praticantes de atividade física durante um momento de corrida em esteira, afim de avaliar se estes sujeitos apresentavam mudanças na forma de desempenhar o gesto da corrida quando comparada a posição inicial com a posição da fase final da corrida dos sujeitos avaliados, onde todos eram induzidos a fadiga por meio de uma escala validada conhecida por escala de Borg (BORG, 1998). Portanto, no que se refere as mudanças dos padrões cinemáticos, o presente estudo pôde contribuir com a literatura de modo a sugerir que ao alcançar níveis exacerbados de fadiga podemos predispor o sujeito a se comportar diferente dos padrões cinemáticos de movimento, quando comparado o sujeito com ele mesmo. Uma vez que 2 dos 3 sujeitos avaliados, apresentaram mudanças mais significativas no momento de resposta a carga e apoio médio durante a análise sagital (*perfil*), já no plano frontal posterior, todos os sujeitos demonstraram modificações angulares com ênfase na articulação do joelho, sobretudo no momento de apoio médio.

Corroborando com Da Silva, Fraga e Gonçalves (2007), visto que os autores citam que a corrida prolongada ou de alta intensidade tende a gerar alterações cinemáticas decorrentes do processo de fadiga. Deste modo, com tais afirmações, vão de encontro com a proposta inicial do presente estudo, haja visto que tinham como foco principal, induzir sujeitos ao limite da fadiga, o que apresentou modificações nos picos angulares dos corredores, mesmo se tratando de sujeitos previamente treinados do ponto de vista muscular e independente do sexo avaliado.

Vale destacar, que em meio aos objetivos do presente estudo, um deles tinha como foco relacionar os achados angulares com as possibilidades de lesões, neste sentido, pôde-se visualizar uma maior modificação nas fases de resposta a carga e apoio médio dos sujeitos avaliados quando visto pelo plano sagital, onde os picos angulares tendenciam a aumentar em todos as variáveis analisadas como: ângulo de inclinação do tronco, ângulo de flexão do quadril e joelho. Em comparação, é possível associar as informações advindas do estudo de Teng e Powers (2016) que evidenciaram uma forte correlação entre a inclinação anterior do tronco e a diminuição da sobrecarga anterior no joelho, uma vez que a inclinação do tronco frontalmente

pode aumentar os braços de alavancas dos glúteos e consequente diminuição da demanda imposta aos joelhos, sobretudo no excesso de carga excêntrica imposto ao quadríceps.

Portanto, tais correlações corroboram com o que foi observado no presente estudo, visto que os sujeitos avaliados apresentavam valores angulares menores na fase inicial da corrida, quando ainda não estavam cansados, de modo que o padrão mecânico adotado deslumbrava maior uso dos joelhos, diferentemente da metade para o fim da corrida, onde a fadiga induzida levava os sujeitos a aumentarem os valores significativamente em todas as articulações analisadas na mesma fase da corrida. Os autores deste estudo, ressaltam que talvez estas mudanças possam ocorrer como uma estratégia de adaptação corporal que faça maior uso de músculos estabilizadores maiores a exemplo dos glúteos e como fator preventivo, haja uma menor agressão a articulação do joelho.

Segundo Teng e Powers (2016), a relação inversa do padrão postural, como adotar padrões com menores ângulos como no tronco, possibilita um maior ataque ao solo com predomínio na dependência do quadríceps, expondo a articulação do joelho a maiores chances de sofrer por *overuse*, o que neste estudo, todos os sujeitos apresentaram picos angulares menores com maior dependência do quadríceps e ao chegarem a fadiga, passaram a adotar padrões de maior uso para glúteos, com exceção do sujeito 3, que iniciou a corrida com moderada inclinação anterior do tronco, na metade da corrida adotou padrão quase que totalmente ereto e ao final da corrida, adotou uma melhor inclinação do tronco comparada com o primeiro momento. Isso permite sugerir que o sujeito pode adotar diferentes posições durante o gesto da corrida, buscando sempre otimizar o grupo muscular que o mesmo tenha de melhor para se manter na execução do gesto, independente se o padrão seja o ideal ou não para boa prática do gesto da corrida.

Em se tratando da exposição da literatura sobre as taxas de lesões, muitos são os trabalhos e fatores que os mesmos destacam. Segundo Tauton *et al.*, (2002), os principais fatores relacionados ao surgimento de lesões musculoesqueléticas está o tempo de experiência do sujeito, a idade do corredor, o índice de massa corporal, alterações posturais, tipo de tênis e local a ser praticada a modalidade, já Nyland *et al.*, (1994) atribui também ao tempo de resposta da contração muscular dos membros inferiores. No entanto, a presente pesquisa discorda em partes com Nyland *et al.*, (1994) baseado em seus achados, onde os sujeitos não puderam ser avaliados sob o tempo de resposta da musculatura, mas pela biomecânica apresentada ao gesto da corrida, e que os sujeitos quando atingiram aos seus níveis de fadiga (*Borg entre 13 e 14*) não permaneceram no padrão postural que sobrecarrega a articulação do joelho, mas sim,

modificaram o padrão cinemático para uma situação de menor sobrecarga do mecanismo extensor do joelho.

É importante frisar que as avaliações no presente estudo se deu por filmagens no plano sagital e também no plano frontal posterior, nesse sentido, é importante destacar que todos os sujeitos compreendidos nesta amostra, apresentaram alterações nos ângulos de projeção dos joelhos para valgo conforme a velocidade e aumento da fadiga induzida se manifestavam, sendo a principal alteração percebida nos 3 sujeitos no plano frontal posterior, além de notoriamente todos os sujeitos apresentarem maior inclinação ipsilateral do tronco nesta fase de apoio médio, o que justifica o aumento das projeções em valgo dos sujeitos avaliados. Corroborando com o estudo de C. M. Powers (2003) que demonstra o comportamento das projeções em valgo e varo dos joelhos sobretudo pela compensação adotada pela posição do tronco, ou seja, uma vez inclinado o tronco para o mesmo lado de apoio da perna, a articulação do joelho tende a adotar maior pico de projeção em valgo.

Com base nestas relações cinemáticas dos sujeitos e atreladas ao índice de esforço físico obtido pela escala de Borg, uma vez que a fadiga é algo extremamente complexo e age em diversos sistemas corporais, com ênfase na diminuição da capacidade de resposta muscular como lembrado pelos autores Silva; Oliveira; Gevaerd (2006). Nesse sentido, os achados do presente estudo podem agregar uma ideia melhor contextualizada sobre a importância de preparar os sujeitos corredores do ponto de vista musculoesquelético, uma vez que a fadiga interfere na capacidade de reação de todos os sistemas, impondo uma necessidade do organismo priorizar os sistemas reguladores e vitais do cansaço, de modo que o aparelho musculoesquelético fique em segundo plano e assim, as alterações cinemáticas ocorram com maior predominância quando os sujeitos são expostos ao cansaço físico. Porém, não descartando uma necessidade e o interesse da comunidade clínica e científica em buscar se aprofundar de forma mais robusta no confronto das variáveis expostas neste estudo.

CONCLUSÃO

Conclui-se por meio deste estudo que uma vez que os sujeitos sejam expostos a níveis de esforços físicos que aumentem a fadiga, os mesmos ficam predispostos a promover alterações nos picos angulares de todas as principais articulações envolvidas no corpo humano, de modo que ficam mais suscetíveis a sofrer lesões no aparelho musculoesquelético, em especial nos joelhos.

Por meio deste estudo, pode-se sugerir ainda que os fatores que predispõe as lesões são dos mais diversos, podendo ser descritos como intrínsecos e extrínsecos, embora os padrões cinemáticos componham um dos fatores intrínsecos de maior relevância para a boa eficiência do gesto da corrida e consequente intervenção no âmbito preventivo.

Por fim, vale destacar que este estudo pôde apresentar uma proposta de enorme relevância para os fisioterapeutas biomecânicos que atuam no meio esportivo, embora o mesmo apresente limitações principalmente na quantidade da amostra pesquisada; além disso, fica sugestivo em trabalhos futuros a inclusão de variáveis como a mensuração de força máxima dos sujeitos avaliados para se obter comparações com os padrões cinemáticos aqui discutidos e comparações entre atletas amadores e profissionais da corrida.

REFERÊNCIAS

BORG, G. Borg's perceived exertion and pain scales. [s.l.] Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

DA SILVA, Sarah Regina Dias; FRAGA, Carina Helena Wasem; GONÇALVES, Mauro. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida: uma revisão. **Motriz. Journal of Physical Education. UNESP**, p. 225-235, 2007.

DA SILVA JÚNIOR, Grimaldo Ferreira; DA CONCEIÇÃO, Cristiano Sena. Efetividade do drop na prevenção de lesão em corredores: revisão sistemática com metanálise. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 20, n. 3, p. 454-459, 2021.

DELOITTE (Reino Unido) (Ed.). **Muito além do Futebol: Estudos sobre esportes no Brasil**. 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/26292912-Muito-alem-do-futebol-estudo-sobre-esportes-no-brasil.html>. Acesso em: 22 mar. 2022.

GONÇALVES, Gabriel Henrique Treter. **Corrida de rua: um estudo sobre os motivos de adesão e permanência de corredores amadores de porto alegre**. Monografia. Bacharelado em Educação Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GRAÇA, Winston de Castro. Avaliação por Computador da Cinemática de uma corrida. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, v. 3, n. 1, p. 09-11, 1986.

KENNEY, W. Larry; WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 7. ed. Barueri, SP: Editora Manole, p. 141-149, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555760910/>. Acesso em: 07 abr. 2022.

NEDEL, Wagner Luis; SILVEIRA, Fernando da. Os diferentes delineamentos de pesquisa e suas particularidades na terapia intensiva. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 28, n. 3, p. 256-260, 2016.

NYLAND, John A. et al. Relationship of fatigued run and rapid stop to ground reaction forces, lower extremity kinematics, and muscle activation. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 20, n. 3, p. 132-137, 1994.

PEREIRA, Adriana Soares *et al.* **Metodologia da pesquisa científica**. 1. ed. Santa Maria, RS: Núcleo de Tecnologia Educacional – NTE, p. 65-69, 2018. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 03 jun. 2022.

PULEO, Joe; MILROY, Patrick. **Anatomia da Corrida: Guia Ilustrado de Força, Velocidade e Resistência para Corrida**. 1. ed. Barueri, SP: Editora Manole, p. 1-10, 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520447611/>. Acesso em: 17 abr. 2022.

RODRIGUES, Mário Eduardo Santos. **Análise da técnica de corrida por meio de variáveis biomecânicas em corredores de rua em diferentes faixas etárias**. 2019. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SALAS SÁNCHEZ, Jesús *et al.* **Dinâmica do apoio em corredores veteranos com relação ao incremento da velocidade e da fadiga**, v. 20, n. 4, p. 315-319, 2014.

SILVA, Adriano Eduardo Lima; OLIVEIRA, Fernando Roberto de; GEVAERD, Monique da Silva. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. **Rev. bras. cineantropom. desempenho hum**, 2006.

DE MELO SOARES, Thiago *et al.* A influência do drop do tênis no posicionamento articular dos membros inferiores em corredores—revisão da literatura. 2019. Monografia (Pós-graduação em Fisioterapia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

SUÁREZ-RODRÍGUEZ, David; DEL VALLE, Miguel. Escala de Borg e intensidad en entrenamientos de carrera y específicos de tenis. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**, v.19, n. 75, p. 399-413, 2019.

TAUNTON, Jack E. *et al.* A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. **British journal of sports medicine**, v. 36, n. 2, p. 95-101, 2002.

TENG, Hsiang-Ling; POWERS, Christopher M. Hip-extensor strength, trunk posture, and use of the knee-extensor muscles during running. **Journal of athletic training**, v. 51, n. 7, p. 519-524, 2016.

WARBURTON, Darren E.R.; BREDIN, Shannon S.D. Reflections on physical activity and health: what should we recommend?. **Canadian Journal of Cardiology**, v. 32, n. 4, p. 495-504, 2016.

ANEXO 1**ESCALA DE PERCEÇÃO DE ESFORÇO DE BORG**

ESCALA DE ESFORÇO PERCEBIDO			
6	7	Muito Fácil	
8			
9	10	Fácil	
10			
11	12	Relativamente Fácil	
12			
13	14	Ligeiramente Cansativo	
14			
15	16	Cansativo	
16			
17	18	Muito Cansativo	
18			
19	20	Exaustivo	
20			