



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

EDSON GONSALES DA CRUZ FILHO

**RIGIDEZ DA PERNA NA CORRIDA RECREACIONAL E SUA
RELAÇÃO COM ASSIMETRIAS BILATERAIS, TESTES
FUNCIONAIS E COM A FORÇA DE MEMBROS INFERIORES**

EDSON GONSALES DA CRUZ FILHO

**RIGIDEZ DA PERNA NA CORRIDA RECREACIONAL E SUA
RELAÇÃO COM ASSIMETRIAS BILATERAIS, TESTES
FUNCIONAIS E COM A FORÇA DE MEMBROS INFERIORES**

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEL/UEM, do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre na linha de pesquisa Fatores Psicossociais e Motores Relacionados ao Desempenho.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rico Bini
Coorientador: Prof. Dr. Felipe Arruda Moura

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

C957 Cruz Filho, Edson Gonsales da.
RIGIDEZ DA PERNA NA CORRIDA RECREACIONALE SUA RELAÇÃO COM ASSIMETRIAS BILATERAIS, TESTES FUNCIONAIS E COM A FORÇA DE MEMBROS INFERIORES / Edson Gonsales da Cruz Filho. - Londrina, 2020. 92 f.

Orientador: Rodrigo Rico Bini.
Coorientador: Felipe Arruda Moura.
Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Desequilíbrios musculares em membros inferiores - Tese. 2. Testes funcionais - Tese. 3. Saltos unilaterais - Tese. 4. Corrida de rua - Tese. I. Rico Bini, Rodrigo. II. Arruda Moura, Felipe. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

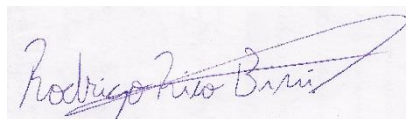
CDU 796

EDSON GONSALES DA CRUZ FILHO

**RIGIDEZ DA PERNA NA CORRIDA RECREACIONAL E SUA
RELAÇÃO COM ASSIMETRIAS BILATERAIS, TESTES FUNCIONAIS
E COM A FORÇA DE MEMBROS INFERIORES**

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física UEL/UEM, do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre na linha de pesquisa Fatores Psicossociais e Motores Relacionados ao Desempenho.

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rico Bini
Universidade Estadual de Londrina – UEL e
La Trobe University – LTU

Coorientador: Prof. Dr. Felipe Arruda Moura
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Marcus Peikriszwili Tartaruga
Universidade Estadual do Centro Oeste –
UNICENTRO e Universidade Federal do
Paraná – UFPR

Prof. Dr. Jefferson Rosa Cardoso
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 6 de março de 2020

Dedico este trabalho a meu filho (Edson Gonsales Martins) e toda a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a conclusão desta etapa em minha vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Universidade Estadual de Londrina e ao corpo docente por todas as oportunidades e ensinamentos que recebi ao longo do processo.

Agradeço igualmente ao meu orientador Rodrigo Rico Bini e coorientador Felipe Arruda Moura pelo empenho, dedicação, paciência e, principalmente, pela amizade.

Aos colegas do LBA, especialmente ao Alexandre, Emanuel e Vitor pelo auxílio na coleta de dados e desenvolvimento do projeto.

Aos participantes e divulgadores do presente estudo pela colaboração para este.

Aos membros da banca professor Leonardo A. P. Tartaruga, Jefferson R. Cardoso e Marcus P. Tartaruga pelas contribuições neste trabalho.

Aos meus pais e meus irmãos por todo o incentivo e auxílio ao longo do mestrado, os quais me alavancaram para esse fim.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Faça o teu melhor, na condição que você tem, enquanto você não tem condições melhores, para fazer ainda melhor!”

Mario Sergio Cortella

CRUZ FILHO, Edson Gonsales. **Rigidez da perna na corrida recreacional e sua relação com assimetrias bilaterais, testes funcionais e com a força de membros inferiores.** 2020. 92 f. Dissertação de Mestrado em Educação Física – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

O desempenho de corredores é influenciado por variáveis cinéticas que, por sua vez, pode ser afetado por desequilíbrios entre os membros, resultando em assimetrias. As assimetrias podem estar relacionadas a desequilíbrios na força muscular, os quais podem ser avaliados por meio de saltos unilaterais. Os objetivos deste estudo foram comparar as alterações causadas pela velocidade nas variáveis cinéticas da corrida e suas assimetrias e, suas correlações com a força máxima e com as variáveis cinéticas de saltos unilaterais. Participaram deste estudo 26 corredores recreacionais de rua. Os participantes realizaram um protocolo para determinar a velocidade pico (VP) da corrida e, no segundo dia de testes, correram por 1 min a 70, 80 e 90% da VP, seguido de seis saltos unilaterais, ambos protocolos obtendo a cinemática tridimensional do movimento. No último dia de avaliações os participantes realizaram o teste de força máxima para membros inferiores no dinamômetro isocinético, que consistia em cinco repetições com cada membro inferior nas velocidades de 60, 180 e 300°/s. Os resultados demonstram que o aumento da velocidade da corrida gera aumento da força máxima vertical de reação do solo (F_{Vmax} em $N \cdot kg^{-1}$) [membro não dominante (ND): 70%: $22,26 \pm 1,79$, 80%: $23,03 \pm 1,83$, 90%: $23,85 \pm 1,89$ e dominante (D): 70%: $22,70 \pm 1,82$, 80%: $23,20 \pm 1,62$ e, 90%: $23,90 \pm 1,48$] e da rigidez do centro de massa (K_{CoM} em $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [ND: 70%: 488 ± 86 , 80%: 521 ± 103 , 90%: 554 ± 111 e D: 70%: 490 ± 96 , 80%: 507 ± 91 , 90%: 535 ± 92], enquanto há a diminuição dos valores de rigidez da perna (K_{perna} em $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [ND: 70%: 139 ± 29 , 80%: 132 ± 34 , 90%: 123 ± 30 e D: 70%: 146 ± 38 , 80%: 131 ± 22 , 90%: 121 ± 24]. Ainda, não houve alterações dos valores de assimetrias nas variáveis cinéticas da corrida (F_{Vmax} : $P = 0,97$; K_{CoM} : $P = 0,19$ e; K_{perna} : $P = 0,49$). Para o membro ND a F_{Vmax} a 80% da VP apresenta correlações moderadas com o PT (pico de torque) ExJ (agonista para extensão de joelho) e trabalho ExJ a 180°/s ($\rho = 0,44$ [0,06;0,70] e $\rho = 0,46$ [0,08;0,71], respectivamente) e trabalho durante a flexão de joelhos a 180°/s ($\rho = 0,47$ [0,10;0,72]). Para o membro D, a F_{Vmax} a 80% da VP possui correlações moderadas com o PT e trabalho ExJ a 180°/s ($\rho = 0,45$ [0,07;0,71] e $\rho = 0,40$ [0,01;0,68], respectivamente). As assimetrias da F_{Vmax} e da K_{perna} a 70 e 90% da VP apresentam correlação moderada ($\rho = 0,59$ [0,26;0,79] e $\rho = 0,46$ [0,08;0,71], respectivamente). Conclui-se que as variáveis cinéticas da corrida são sensíveis às alterações da velocidade da corrida, enquanto as assimetrias dessas não se portam da mesma maneira. Ainda, a força muscular máxima dos extensores de joelho se correlaciona moderadamente com a F_{Vmax} em corredores recreacionais.

Palavras-chave: Desequilíbrios. Saltos unilaterais. Testes funcionais.

CRUZ FILHO, Edson Gonsales. **Leg stiffness in recreational running and your relationship with bilateral asymmetries, functional tests and with the strength of lower limbs**. 2020. 92 p. Master's Dissertation in Physical Education – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

The performance of runners is influenced by kinetic variables, which can be affected by differences between limbs, leading to asymmetries. Asymmetries may be related to inter-limb differences in muscle strength, which can be assessed by unilateral vertical jumps. The purposes of this study were to compare the changes caused by the running speed on kinetic variables and asymmetries and, the correlation between kinetic variables with maximum strength and with the kinetic variables from unilateral jumps. Twenty-six recreational road runners participated in this study. They performed a protocol to determine their peak speed (PS) and on first session. On the second testing session, they ran for 1 min at 70, 80 and 90% of the VP, followed by six unilateral jumps, both protocols obtaining the three-dimensional kinematics of movement. On the last day of tests, participants performed the strength test for lower limbs on an isokinetic dynamometer, which consisted of five repetitions with each limb at speeds of 60, 180 and 300°/s. Increases in running speed led to larger maximum vertical ground reaction force ($vGRF_{max}$ in $N \cdot kg^{-1}$) [non-dominant limb (ND): 70%: 22.26 ± 1.79 , 80%: 23.03 ± 1.83 , 90%: 23.85 ± 1.89 and dominant (D): 70%: 22.70 ± 1.82 , 80%: 23.20 ± 1.62 and, 90%: 23.90 ± 1.48] and CoM stiffness (K_{CoM} in $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [ND: 70%: 488 ± 86 , 80%: 521 ± 103 , 90%: 554 ± 111 and D: 70%: 490 ± 96 , 80%: 507 ± 91 , 90%: 535 ± 92], while there was a decrease in leg stiffness (K_{leg} in $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [ND: 70%: 139 ± 29 , 80%: 132 ± 34 , 90%: 123 ± 30 and D: 70%: 146 ± 38 , 80%: 131 ± 22 , 90%: 121 ± 24]. Moreover, there were no changes in asymmetries in running kinetic variables ($vGRF_{max}$: $P = 0.97$; K_{CoM} : $P = 0.19$ and; K_{leg} : $P = 0.49$). For the ND limb, $vGRF_{max}$ at 80% of VP presented moderate correlation with PT ExJ and work ExJ at 180°/s ($\rho = 0.44$ [0.06; 0.70] and $\rho = 0.46$ [0.08; 0.71], respectively) and work during knee flexion at 180°/s ($\rho = 0.47$ [0.10; 0.72]). For the D limb, $vGRF_{max}$ at 80% of PS had a moderate correlation with PT (peak torque) and work ExJ (knee extension agonist) at 180°/s ($\rho = 0.45$ [0.07; 0.71] and $\rho = 0.40$ [0.01; 0.68], respectively). The asymmetries of $vGRF_{max}$ during jumps and K_{leg} at 70 and 90% of PS had a moderate correlation ($\rho = 0.59$ [0.26; 0.79] and $\rho = 0.46$ [0.08; 0.71], respectively). It can be concluded that kinetic variables of running are sensitive to changes in running speed, while the asymmetries of these variables do not follow the same pattern. Also, maximum muscle strength of knee extensors is moderately correlated with $vGRF_{max}$ in male recreational road runners.

Keywords: Functional tests. Imbalances. Unilateral jumps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atividades realizadas durante as coletas e tempo médio para cada dia de avaliação. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; VP : velocidade pico.....	24
Figura 2 – Modelo e posicionamento dos marcadores reflexivos das espinhas ilíacas ântero-superiores (EIAS) e póstero-superiores (EIPS) para o cálculo do (centro de massa) CoM da pelve	26
Figura 3 – Atividades realizadas durante as coletas e tempo médio para cada dia de avaliação. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; VP : velocidade pico.....	38
Figura 4 – Comparação entre as variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP	43
Figura 5 – Comparação das variáveis cinéticas da corrida entre os membros D e ND	62
Figura 6 – Comparação das variáveis cinéticas do dinamômetro entre os membros D e ND	62
Figura 7 – Modelo e posicionamento dos marcadores reflexivos do modelo de De Leva (1996) para o cálculo do CoM.....	83
Figura 8 – Comparação entre os métodos de identificação do momento de contato do pé com o solo (MCP).....	87
Figura 9 – Diferença absoluta entre os valores de DV_{CoMS_Cine} e $DV_{CoMS_Cine_corrigido}$ quando comparados a DV_{CoMS_Plat}	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– (Artigo 1) Variáveis de treinamento dos participantes	42
Tabela 2	– (Artigo 1) Variáveis cinéticas do dinamômetro isocinético nas velocidades de 60, 180 e 300°/s	44
Tabela 3	– (Artigo 1) Variáveis cinéticas dos saltos unilaterais	44
Tabela 4	– (Artigo 1) Coeficientes de correlação de postos de Spearman (<i>rho</i>) entre as variáveis obtidas por dinamometria isocinética a 60, 180 e 300°/s e variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP para os membros ND e D.....	45
Tabela 5	– (Artigo 1) Coeficientes de correlação de postos de Spearman (<i>rho</i>) entre as variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP e variáveis cinéticas dos saltos unilaterais para os membros ND e D	46
Tabela 6	– (Artigo 2) Dados descritivos das AMI das variáveis obtidas durante a corrida	60
Tabela 7	– (Artigo 2) Dados descritivos das AMI das variáveis obtidas durante dinamometria isocinética.....	61
Tabela 8	– (Artigo 2) Dados descritivos das AMI das variáveis cinéticas dos saltos unilaterais.....	61
Tabela 9	– (Artigo 2) Coeficientes de correlação de postos de Spearman (<i>rho</i>) entre as AMI obtidas por dinamometria isocinética a 60, 180 e 300°/s e as AMI das variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP	63
Tabela 10	– (Artigo 2) Coeficientes de correlação de postos de Spearman (<i>rho</i>) entre as AMI das variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP e as AMI dos saltos unilaterais.....	64

LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação 1** – Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio25
- Equação 2** – Cálculo da rigidez vertical do centro de massa (K_{CoM}), em que F_{Vmax} representa o pico da força vertical de reação do solo (em kN) e D_{VCoM} o deslocamento vertical do centro de massa (m).....29
- Equação 3** – Cálculo da rigidez da perna (K_{perna}). F_{Vmax} representa o pico da força vertical de reação do solo (em kN), D_{VCoM} o deslocamento vertical do centro de massa (m), L_0 representa a distância entre o trocânter maior e o solo (m), vel a velocidade da corrida (em $m.s^{-1}$) e T_c o tempo de contato do pé com o solo (s)29
- Equação 4** – Cálculo do pico da força vertical de reação do solo (F_{Vmax}). m representa a massa do participante (kg), g a aceleração da gravidade ($9,81 m.s^{-2}$), T_v o tempo de fase aérea e T_c o tempo de contato do pé com o solo (s).....29
- Equação 5** – Cálculo da rigidez da perna durante os saltos unilaterais (K_{pernaS}). F_{VmaxS} representa a força vertical máxima de reação do solo durante os saltos (em N) e D_{VCoMS} o deslocamento vertical do centro de massa durante o salto (m)30
- Equação 6** – Cálculo da assimetria entre membros inferiores (AMI), V_{eMe} representa o menor valor entre os membros e, V_{eMa} o maior valor entre os membros31
- Equação 7** – Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio37

- Equação 8** – Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio55
- Equação 9** – Cálculo da assimetria entre membros inferiores (AMI), V_{eMe} representa o menor valor entre os membros e, V_{eMa} o maior valor entre os membros58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMI	Assimetria de membros inferiores
D	Dominante
DvCoM	Deslocamento do centro de massa
Dv _{CoM} S	Deslocamento do centro de massa durante os saltos
DP	Desvio padrão
EIAS	Espinha ilíaca ântero-superior
EIPS	Espinha ilíaca pósterio-superior
ECO	Economia da corrida
ExJ	Fase concêntrica da extensão de joelhos
FleJ	Fase concêntrica da flexão de joelhos
FV _{max}	Força máxima de reação do solo durante a corrida
FV _{max} S	Força máxima de reação do solo durante os saltos
Inc	Incremento de velocidade do estágio
K _{CoM}	Rigidez vertical do centro de massa durante a corrida
K _{leg}	Rigidez da perna
K _{perna}	Rigidez da perna
K _{perna} S	Rigidez da perna durante os saltos
LO	Distância entre o trocânter maior do fêmur e o solo
M	Média
M _{CoM}	Valor mínimo da coordenada vertical do CoM
MMM	Modelo massa-mola
ms	milissegundos
ND	Não dominante
PAR-Q	<i>Physical activity readiness questionnaire</i>
PT	Média do pico de Torque
PS	<i>Peak speed</i>
t	Tempo no estágio incompleto
T	Tempo do estágio completo
T _c	Tempo de contato
T _v	Tempo de fase aérea ou voo
TR	Média do Trabalho (em W)
V _{eMa}	Maior Valor estabelecido

V_{eMe}	Menor Valor estabelecido
$V_{completa}$	Velocidade completa
vel	Velocidade
$vGRF_{max}$	<i>Maximum vertical ground reaction force during the running</i>
VP	Velocidade pico

LISTA DE SÍMBOLOS

VO_{2max}	Consumo máximo de oxigênio
$^{\circ}$	Graus
α	Alpha
β	Beta
π	Pi
cm	Centímetros
CoM	Centro de massa
d	Distância do centro do eixo de rotação ao local da força aplicada
F	Valor da força aplicada
g	Aceleração da gravidade
Hz	Hertz
J	Joule
J·kg	Joule por quilograma
kg	Quilograma
km/h	Quilômetros por hora
m	Massa
N	Newton
N·kg ⁻¹	Newton por quilograma
N·m	Newton-metro
N·m·kg ⁻¹	Newton-metro por quilograma
ω_p^2	<i>Partial Omega Square</i>
t	Tempo no estágio incompleto
T	Tempo necessário para completar cada estágio
T	Torque

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	OBJETIVOS	22
1.2	HIPÓTESES	22
2	MÉTODOS	23
2.1	TIPO DE ESTUDO	23
2.2	PARTICIPANTES	23
2.3	PROTOCOLO DE DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE PICO	24
2.4	COLETA DE DADOS	25
2.4.1	Protocolo De Corrida Em Esteira	25
2.4.2	Captura Cinemática	26
2.4.3	Saltos Verticais Unilaterais	27
2.4.4	Dinamômetro Isocinético	27
2.5	ANÁLISE DOS DADOS	28
2.5.1	Processamento Dos Dados	28
2.5.2	Análise Dos Dados Da Corrida	28
2.5.3	Análise Dos Dados Do Dinamômetro Isocinético	29
2.5.4	Análise Dos Dados Dos Saltos Verticais Unilaterais	30
2.5.5	Cálculo Da Assimetria Entre Membros Inferiores	30
2.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
3	RESULTADOS	33
3.1	ARTIGO 1	33
3.1.1	Introdução	35
3.1.2	Métodos	37
3.1.2.1	Participantes	37
3.1.2.2	Determinação da velocidade pico	37
3.1.2.3	Coleta de dados	38
3.1.2.3.1	<i>Captura cinemática e modelamento corporal</i>	38
3.1.2.3.2	<i>Teste de corrida em esteira</i>	38
3.1.2.3.3	<i>Saltos verticais unilaterais</i>	39
3.1.2.3.4	<i>Teste de força de membros inferiores</i>	39

3.1.2.4	Análise dos dados	40
3.1.2.5	Análise estatística	41
3.1.3	Resultados Do Artigo 1	42
3.1.4	Discussão.....	47
3.1.5	Conclusão	50
3.2	ARTIGO 2	51
3.2.1	Introdução	53
3.2.2	Métodos	55
3.2.2.1	Participantes.....	55
3.2.2.2	Aleatorização dos dias de coleta.....	55
3.2.2.3	Determinação da velocidade pico	55
3.2.2.4	Coleta de dados	56
3.2.2.4.1	<i>Captura cinemática e modelamento corporal</i>	56
3.2.2.4.2	<i>Teste de corrida em esteira</i>	56
3.2.2.4.3	<i>Saltos verticais unilaterais</i>	56
3.2.2.4.4	<i>Teste de força de membros inferiores</i>	57
3.2.2.5	Análise dos dados	57
3.2.2.6	Análise estatística	59
3.2.3	Resultados Do Artigo 2	60
3.2.4	Discussão.....	65
3.2.5	Conclusão	69
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICES	79
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	80
	APÊNDICE B – Modelo e posicionamento dos marcadores reflexivos	83
	APÊNDICE C – O CoM do pé é uma alternativa para a identificação do momento de contato com o solo para saltos unilaterais	84

ANEXOS	90
ANEXO A – Folha de aprovação do Comitê de Ética	91
ANEXO B – Questionário de prontidão para a atividade física (PAR-Q)	92

1 INTRODUÇÃO

A corrida recreacional de rua é um exercício físico que vem crescendo progressivamente em número de praticantes (BALBINOTTI et al., 2015)[□], seja por seus inúmeros benefícios metabólicos, cardiovasculares e psicossociais, ou como esporte (CASTELO et al., 2016; SANFELICE et al., 2017)[□]. O desempenho dos praticantes da corrida é alterado por inúmeras variáveis intervenientes (e.g. fisiológicas e biomecânicas). Como exemplo de variáveis fisiológicas podemos citar o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), o dispêndio energético em determinadas velocidades, o limiar de lactato, entre outros (SANTOS; NAVARRO, 2015)[□]. Dentre os parâmetros biomecânicos é possível mencionar a frequência de passos, o comprimento dos passos, o tempo de contato com o solo, a duração da fase aérea de cada passo, o deslocamento do centro de massa (CoM), a rigidez da perna e outros (FERRIS; LOUIE; FARLEY, 1998; GUTIERREZ-FAREWIK; BARTONEK; SARASTE, 2006; STORNILO JUNIOR, 2014)[□].

Algumas dessas variáveis podem ser definidas por meio de sistemas de captura cinemática a partir da delimitação de eventos, sendo o caso do tempo de contato (T_c : tempo em contato do pé com o solo para cada passo) e da duração da fase aérea (T_v : momento em que não há nenhum dos pés no solo) (SMITH et al., 2015)[□]. Outras exigem um pouco mais de processamento e integração de informações, como o centro de massa (CoM). O CoM é o ponto de atuação das forças gravitacionais sobre o corpo e é determinado a partir de parâmetros inerciais de todos os segmentos corporais (DUARTE; PAULO, 2000; WINTER; PATLA; FRANK, 1990)[□]. Seu deslocamento na vertical interage com a velocidade da corrida e com o T_c , de modo que o CoM possui um maior deslocamento em menores velocidades e maiores T_c (GULLSTRAND et al., 2009)[□]. Isso se dá, pois, quando é aumentada a velocidade, é preciso que esse deslocamento diminua a fim de aproveitar a maior quantidade de energia elástica absorvida, ou produzida por um ciclo mais rápido de encurtamento e alongamento do músculo (CAVAGNA; THYS; ZAMBONI, 1976; PAPPAS; DALLAS; PARADISIS, 2017)[□]. Para o uso do “*Spring-mass model*” ou modelo massa-mola (MMM), que leva em consideração a energia cinética do corpo para a conservação da energia mecânica, se faz necessário o

cálculo da posição do CoM e seu deslocamento ao longo do tempo (MORETTO et al., 2016)□.

De acordo com Girard e colaboradores (2017)□, baseado no MMM também é possível calcular a rigidez da perna (K_{perna}) a partir da relação entre o deslocamento vertical do CoM (Dv_{CoM}), da deformação máxima do membro inferior e da força vertical de reação do solo ($F_{V_{\text{max}}}$) para cada passo (MCMAHON; CHENG, 1990), ou seja, a K_{perna} pode ser definida como a complacência do membro inferior durante o momento de contato com o solo (SILDER; BESIÉ; DELP, 2015)□. Enquanto isso, o Dv_{CoM} assume o papel de denominador na equação responsável pela obtenção da rigidez vertical do CoM (K_{CoM}) e, quando observado seu relacionamento com a $F_{V_{\text{max}}}$, é possível analisar que essas variáveis se relacionam inversamente ao longo do ciclo do passo, sendo que quanto maior o Dv_{CoM} , menor será a $F_{V_{\text{max}}}$ (BLICKHAN, 1989). A K_{perna} pode ser estimada ou obtida por inúmeros modelos e métodos (BRUGHELLI; CRONIN, 2009), entre os quais, alguns modelos podem torná-la relacionada à variáveis espaço-temporais, como o T_c e o T_v (MORIN et al., 2005).

Todas as variáveis cinéticas e cinemáticas da corrida estão sujeitas a desequilíbrios quanto comparado um membro ao outro, sendo esses definidos como assimetrias. A revisão de Carpes, Mota e Faria (2010)□ apresenta que as assimetrias são mais facilmente evidenciadas em velocidades autos selecionadas e, diminuem com o aumento da velocidade. Esses seriam resultados muito benéficos para os praticantes, visto que altos valores de assimetrias (principalmente na $F_{V_{\text{max}}}$, que se relaciona diretamente com a K_{perna}) durante a corrida podem indicar uma incapacidade de absorção de cargas em um dos membros, levando a uma maior propensão a lesões e fraturas por stress, uma vez que, na corrida, uma diferença maior que 5% na força de reação do solo entre os membros pode aumentar a carga de impacto sobre a tíbia (CHAVET; LAFORTUNE; GRAY, 1997)□. Corroborando o estudo anterior, Butler, Crowell e Davis (2003) apresentam que ao analisar a K_{perna} , é possível que os membros possam apresentar diferentes tipos de lesões não-traumáticas, sendo essas decorrentes dos valores da K_{perna} (GRIMSTON et al., 1991).

Furlong e Egginton (2018)□ investigaram as alterações de $\pm 20\%$ da velocidade preferida sobre as assimetrias em algumas variáveis preditoras da

rigidez. O estudo demonstrou que para as assimetrias no tempo de contato com o solo e na força vertical de reação do solo não houve alterações significantes e, as diferenças entre os membros permaneceram iguais para as três faixas de velocidade (-20%, velocidade preferida, +20%, por volta de 9%).

Assimetrias cinéticas durante a corrida são usualmente encontradas em indivíduos antes, durante e logo após o processo maturacional (RUMPF et al., 2014)□. Por exemplo, Rumpf e colaboradores (2014) demonstraram que jovens não lesionados do sexo masculino, com idade entre 10 e 15 anos, apresentam uma grande assimetria (>15%) na força vertical de reação do solo durante a corrida. No entanto, Hamill, Bates e Knutzen (1984)□ demonstraram que indivíduos adultos saudáveis apresentam pequena assimetria em variáveis cinéticas (incluindo a força vertical de reação do solo) durante a caminhada ou corrida e, que as assimetrias nessas atividades estariam mais ligadas ao quadro patológico (SADEGHI et al., 1990)□ e, mesmo indivíduos lesionados não possuem maiores assimetrias em variáveis espaço temporais quando comparados a não lesionados (BREDEWEG; BUIST; KLUITENBERG, 2013)□.

As assimetrias, por sua vez, podem estar relacionadas a desequilíbrios na força muscular. A força muscular interfere em toda a biomecânica da corrida e esta pode ser alterada pela fadiga e por lesões (DA SILVA; FRAGA; GONÇALVES, 2007; KUHMAN et al., 2016; RADZAK et al., 2017)□. Os grupos musculares das coxas (quadríceps e isquiotibiais) são os mais lesionados (LAURINO et al., 2000)□, ainda mais que os isquiotibiais, possuem função de desacelerar o movimento e recebe mais altas cargas excêntricas (ERNLUND; VIEIRA, 2017)□. Knapik et al. (1991)□ apresentaram que assimetrias entre os membros inferiores maiores que 15% na musculatura isquiotibial na velocidade de 180°/s já foram relacionadas à lesões de atletas femininas de diversas modalidades esportivas. Outras análises de dinamometria evidenciam assimetrias na força da musculatura isquiotibial em maiores velocidades angulares (DELLAGRANA et al., 2015). Desta forma assimetrias de força poderiam estar relacionadas com as assimetrias na rigidez da perna durante a corrida.

O instrumento mais conceituado para a detecção de assimetrias na força em membros inferiores é o dinamômetro isocinético (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001)□. Esse instrumento pode fornecer medidas diretas e indiretas unilaterais de

torque, potência e trabalho total para os movimentos nos três planos/eixos (separadamente), incluindo o movimento de extensão e flexão de joelhos. Essa análise permite compreender se, possíveis assimetrias em variáveis biomecânicas durante a corrida estariam relacionadas com desequilíbrios musculares nos extensores e flexores de joelho. Entretanto, é necessário um alto custo financeiro para a implementação do equipamento.

Outro método de avaliação que pode auxiliar na compreensão da relação da corrida com valores de força, bem como para suas assimetrias, são os testes funcionais. Esses testes podem ser facilmente aplicados e já possuem relevância clínica (WILLSON; DAVIS, 2008). A aplicação dos testes funcionais possibilita o entendimento/identificação de características comuns com a corrida e, poderiam auxiliar na identificação das assimetrias de maneira mais simplificada, colaborando para a melhora do desempenho, ou, em algumas situações, até auxiliar na prevenção de lesões. Assim, uma escolha adequada para indicar possíveis assimetrias na rigidez da perna seria por meio dos testes funcionais específicos, que podem se assemelhar a movimentos da corrida (por exemplo: saltos unilaterais uma vez que estes simulam o ciclo alongamento-encurtamento da corrida)[□]. No entanto, até o momento, não há estudos que relacionem os valores de força e rigidez obtidos na corrida com aqueles obtidos durante testes funcionais.

Diante do apresentado, permanecem algumas questões, como: Quais as relações rigidez, da força muscular e das assimetrias de membros inferiores em corredores recreacionais de rua?

1.1 Objetivos

A presente dissertação de mestrado está estruturada no modelo Escandinavo, sendo composto por dois artigos:

- O primeiro artigo tem por objetivo comparar as alterações causadas pela velocidade da corrida nas variáveis cinéticas da corrida e a associação dessas com as variáveis cinéticas da dinamometria e dos saltos verticais unilaterais.
- O segundo artigo tem como objetivo comparar as alterações causadas pela velocidade da corrida nas assimetrias das variáveis cinéticas durante a corrida e nas variáveis cinéticas obtidas por meio da dinamometria isocinética e, analisar a associação das assimetrias nas variáveis cinéticas da corrida com as assimetrias da dinamometria isocinética e com as assimetrias das variáveis cinética dos testes funcionais de saltos unilaterais.

1.2 Hipóteses

Esta dissertação possui duas hipóteses, sendo uma correspondente a cada artigo:

- O primeiro artigo possui como hipótese que as variáveis cinéticas da corrida em diferentes velocidades estarão fortemente associadas com as variáveis cinéticas obtidas durante a dinamometria isocinética em diferentes velocidades e com as variáveis cinéticas durante os saltos unilaterais.
- O segundo artigo possui como hipótese que as assimetrias das variáveis cinéticas da corrida, em diferentes velocidades, estarão moderadamente relacionadas com as assimetrias das variáveis cinéticas obtidas durante a dinamometria isocinética em diferentes velocidades e com as assimetrias das variáveis cinéticas dos saltos unilaterais.

2 MÉTODOS

2.1 Tipo de estudo

Este estudo é caracterizado como de natureza observacional e de delineamento transversal, pois a aquisição dos dados é realizada em um único momento sem que haja qualquer intervenção do avaliador (FONTELLES et al., 2009).

2.2 Participantes

Participaram deste estudo um total de 26 corredores recreacionais do sexo masculino com idade de 18 a 40 anos. Para o cálculo amostral foi utilizado um simulador de tamanho amostral (*G*Power*[®], versão 3.1.9.2) definindo-se $\alpha = 0,05$ e $\beta = 0,20$, a fim de obter um tamanho de efeito igual ou maior a 0,50 para testes de correlação bivariadas.

Como critérios de inclusão os participantes deveriam ser classificados como recreacionais pelo score obtido no *software Age Grade Calculator* (o qual classifica o participante baseado em seu tempo e idade quando comparado ao recorde mundial para a distância selecionada) (RUNNER'S WORLD, 2018)[□], possuir um volume de treino igual ou maior que 30 quilômetros por semana, no mínimo os últimos 6 meses de prática e não apresentarem lesões neuromusculares ou alterações cardiorrespiratórias que os impossibilitassem ou interferissem nas avaliações, verificado por meio do *physical activity readiness questionnaire* (PAR-Q) (**Anexo A**). Foram excluídos do estudo os participantes que não atenderam a algum dos critérios de inclusão. Os participantes da pesquisa foram convidados via redes sociais e também pelos próprios participantes que já realizaram os testes e se sentiram à vontade para colaborar com a divulgação. Todos os participantes foram convidados a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (**Apêndice A**) e foram informados previamente sobre os procedimentos adotados durante a pesquisa, bem como o objetivo dessa. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (**Anexo B**) sob o parecer número 2.914.957 (CAAE: 97002818.8.0000.5231).

2.3 Protocolo de determinação da velocidade pico

O protocolo envolveu três dias de avaliações (Figura 1) e os testes foram realizados no Laboratório de Biomecânica Aplicada do Centro de Educação Física e Esportes da Universidade Estadual de Londrina.

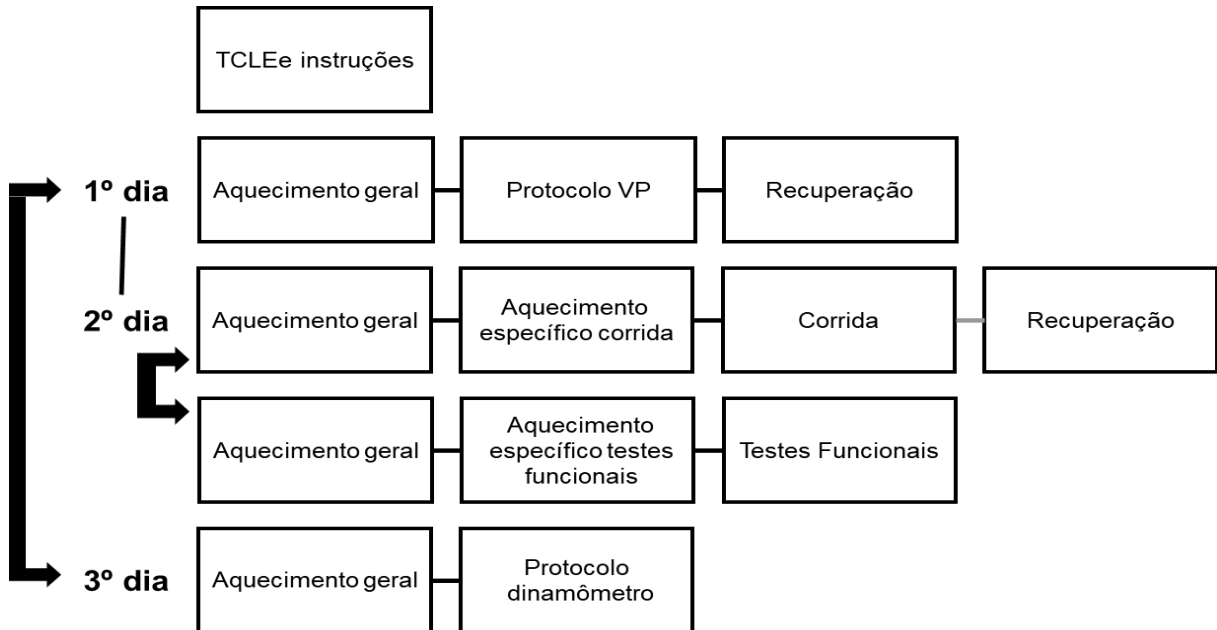


Figura 1 –Atividades realizadas durante as coletas e tempo médio para cada dia de avaliação; Setas indicam dias ou testes que foram aleatorizados. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; VP : velocidade pico.

Os participantes tiveram suas medidas de massa e estatura tomadas por uma balança antropométrica com estadiômetro acoplado do modelo Welmy W110H (com precisão de 0,1 kg e de 0,1 cm, respectivamente) e foi realizado um protocolo incremental de velocidade máxima em esteira-rolante (modelo: Imbramed KT – 10200 ATL).

Antes do protocolo incremental de velocidade máxima houve um aquecimento de cinco minutos na velocidade de cinco km/h, em seguida, o protocolo incremental iniciou na velocidade de nove km/h com acréscimo de um km/h a cada minuto posterior (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2014)[□]. O teste foi interrompido quando o participante atingiu a exaustão, e para determinar a velocidade máxima, foi considerada a velocidade pico proposta pela equação de Kuiper et al (2003)[□]:

$$VP = V_{completa} + (Inc \cdot t/T)$$

Equação 1 - Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio.

Por exemplo, se o teste foi interrompido no 30º (trigésimo) segundo na velocidade de 19 km/h, foi computada como $V_{completa}$ o valor de 18 km/h, ou seja, o estágio anterior que foi completado, o Inc permaneceu fixo em 1 km/h, o t foi de 30 segundos e o T também foi fixo em 60 segundos. Logo, $VP = 18 + (1 \cdot 30/60)$, resultando no valor de velocidade de 18,5 km/h. De acordo com Peserico, Zagatto e Machado (2014)[□], esse seria o modo mais preciso quando comparado a outros protocolos de se determinar a velocidade máxima.

2.4 Coleta de dados

2.4.1 Protocolo de corrida em esteira

Após os cálculos dos valores de 70, 80 e 90% da VP referentes à sessão anterior, os participantes foram instruídos novamente quanto a realização dos testes. Nesse mesmo dia, foram fixados os marcadores reflexivos passivos utilizados no sistema de captura optoeletrônica. Para esse dia o aquecimento consistiu em dois estágios. O primeiro estágio envolveu novamente uma caminhada leve na velocidade de cinco km/h e o segundo estágio do aquecimento envolveu uma corrida por três minutos a 50% da VP.

A coleta em si teve duração total de três minutos, sendo um minuto para cada percentual da VP (70, 80 e 90%VP), sendo que para esses três minutos a ordem de realização ocorreu de maneira aleatorizada. Após o teste, todos os participantes realizaram mais três minutos de volta à calma a cinco km/h. O dia de determinação da VP e o dia de coletas com o dinamômetro isocinético foram aleatorizados. O dia de coleta com os testes da corrida foi mantido sempre após o dia de determinação da VP, pois é dependente do valor da VP para que sejam calculadas as velocidades relativas de 70, 80 e 90% da VP.

2.4.2 Captura cinemática

Para aquisição das variáveis cinemáticas durante a corrida foi utilizado o sistema de captura optoeletrônica da *Optitrack® - Optical Motion Capture Solutions*. Esse sistema foi composto por sete câmeras modelo *Prime 13* com frequência de aquisição de 200 Hz, integradas com captura de imagens em tempo real. Para a coleta dos dados os participantes utilizaram uma bermuda elástica a fim de minimizar interferências na identificação dos marcadores refletivos.

O modelo corporal utilizado foi[□] composto por 18 marcadores (**Apêndice B**). Com exceção dos marcadores do vértex e supraesternal, todos os outros marcadores foram posicionados bilateralmente, sendo fixados no acrômio (clavícula), no epicôndilo lateral do úmero, no processo estiloide da ulna, no trocânter e epicôndilo lateral do fêmur, no maléolo lateral (fíbula), no calcâneo e na base do hálux (DE LEVA, 1996). A fixação dos marcadores ocorreu com a utilização da fita dupla face, macia e não alérgica, a fim de não causar qualquer dano ao participante. Por meio do modelo selecionado foram modelados os segmentos corporais permitindo o cálculo do CoM dos participantes. Este é obtido pela média ponderada do CoM de cada segmento em cada frame (DUARTE; PAULO, 2000; WINTER; PATLA; FRANK, 1990)[□].

Para o cálculo do frame de contato do pé com o solo foram adicionados quatro marcadores nas espinhas ílicas anterossuperiores (EIAS) e pótero superiores (EIPS) direita e esquerda (Figura 2). Por meio desses é calculado o CoM da pelve, definido como o ponto central entre os valores das espinhas ílicas anterossuperiores direita e esquerda e também pelas espinhas ílicas pótero superiores direita e esquerda (V3D COMPOSITE PELVIS, 2016)[□].

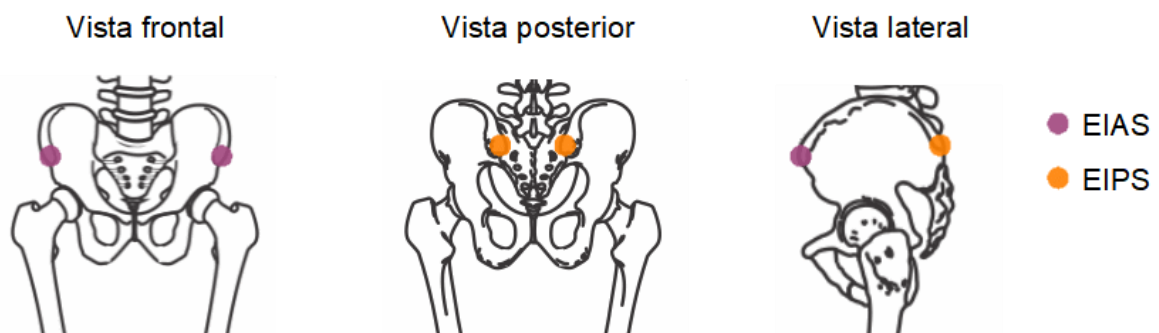


Figura 2 – Modelo e posicionamento dos marcadores reflexivos das espinhas ílicas anterossuperiores (EIAS) e pótero superiores (EIPS) para o cálculo do CoM da pelve.

2.4.3 Saltos verticais unilaterais

A aquisição dos dados cinemáticos dos saltos unilaterais ocorreu seguindo procedimentos do teste de corrida, sendo utilizado o mesmo sistema de captura e frequência de aquisição. Durante a realização dos saltos, os participantes deveriam manter as mãos fixas no quadril para evitar interferências no desempenho. Para garantir os valores de flexão de joelho maior que 50° , os participantes foram instruídos a realizarem movimentos de agachamentos bilaterais para se familiarizarem com a amplitude de flexão que deveria ser ultrapassada durante os saltos unilaterais e em seguida realizaram dois aquecimentos, o primeiro consistia em cinco minutos caminhando a cinco km/h e o segundo oito agachamentos bilaterais livres. Todos os participantes foram instruídos a realizarem sequencialmente seis saltos unilaterais com contramovimento, ambos até uma flexão de joelho maior do que 50° , limites definidos pelo próprio participante e com o início do movimento instruído pelos avaliadores (WILLSON; DAVIS, 2008)□, ambos iniciando aleatoriamente quanto ao hemicorpo (direito/ esquerdo). Para os saltos unilaterais, foi padronizada a instrução verbal: “salte o mais alto possível”, visto que qualquer outra informação poderia interferir nos resultados, principalmente na rigidez (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999)□.

2.4.4 Dinamômetro isocinético

A avaliação isocinética foi realizada com os participantes sentados. Foram realizados ajustes da cadeira a fim de garantir que o eixo de rotação do dinamômetro estivesse alinhado com o eixo de rotação da articulação tibiofemoral.

Para fixação do membro inferior, foi utilizada uma cinta no terço distal da coxa, sendo que esta deveria ser limitada a aproximadamente cinco centímetros acima do epicôndilo medial e outra cinta no terço distal da perna que estava aproximadamente cinco centímetros acima do maléolo medial do avaliado. O participante foi fixado à cadeira por duas cintas diagonais em seu tórax e mais uma cinta horizontal, sobre as espinhas ilíacas anterossuperiores do avaliado.

Durante a realização do protocolo, os participantes foram familiarizados com cada velocidade (60, 180 e 300°/s) antes da coleta. Após a familiarização foram realizados cinco movimentos para cada fase e velocidade no modo concêntrico-

concêntrico. A escolha das velocidades deve-se ao fato que, na menor velocidade (60°/s), são observados os maiores valores de torque, portanto facilitando a identificação das possíveis assimetrias no torque máximo, enquanto a velocidade intermediária (180°/s) é utilizada para fins comparativos. Por fim, a maior velocidade seria próxima a utilizada previamente para análise em corredores (DELLAGRANA et al., 2015)□.

2.5 Análise dos dados

2.5.1 Processamento dos dados

Os dados cinemáticos foram inicialmente processados no programa *MotiveBody v.1.0* para a reformatação dos arquivos, possibilitando o uso em outros. Lacunas na identificação dos marcadores de até 50 frames foram interpolados pelo modelo de *spline* cúbico. Em seguida, foi utilizada rotina desenvolvida em ambiente *Matlab (R2016a; MathWorks, Natick, USA)* para o processamento e cálculo das variáveis de interesse.

As coordenadas tridimensionais foram filtradas a 8 Hz e os do dinamômetro a 20 Hz, a fim de diminuir os ruídos oriundos da aquisição, sendo que a frequência de filtragem foi determinada por uma análise espectral e residual (WINTER, 2005)□. Foram considerados para as análises dez passos, de cada membro inferior, iniciados a partir dos 30-35 segundos do estágio, para não ser utilizado um momento transitório entre as velocidades.

2.5.2 Análise dos dados da corrida

Para os dados da corrida foram calculados o tempo de contato do pé (T_c) com o solo, o tempo de vôo ou duração da fase aérea (T_v), a coordenada vertical mínima do centro de massa (M_{CoM}) e o deslocamento vertical do centro de massa ($DvCoM$), sendo todas verificadas para cada passo. O T_c foi definido como a duração do momento que o pé toca o solo até o momento em que o pé é retirado totalmente. O T_v foi considerado como tempo em que o pé perde totalmente seu contato com o solo até o próximo toque. Diante disso, foi necessário definir esses dois eventos

para mensurar as duas primeiras variáveis citadas. Foi definido o momento de contato do pé com o solo como o frame com a maior velocidade vertical descendente do CoM da pelve (MILNER; PAQUETTE, 2015)[□]; e o momento de saída como sendo a maior distância entre os marcadores do trocânter maior do fêmur (modificado para CoM da pelve) e da base do hálux (adaptado da epífise distal do segundo metatarso) (MILNER; PAQUETTE, 2015)[□]. Para determinar o DvCoM, foi considerada a diferença entre o valor da coordenada vertical do CoM no momento do contato do pé com o solo e o M_{CoM} para cada passo. Para o cálculo da rigidez vertical do CoM (K_{CoM}) foi utilizada a fórmula descrita na Equação 2 (BOBBERT; SCHAMHARDT; NIGG, 1991; PAVEI et al., 2017).

$$K_{CoM} = F_{V_{max}} \cdot DvCoM^{-1}$$

Equação 2 – Cálculo da rigidez vertical do centro de massa (K_{CoM}), em que F_{V_{max}} representa o pico da força vertical de reação do solo (em kN) e DvCoM o deslocamento vertical do centro de massa (m).

A rigidez da perna (K_{perna}) foi calculada por meio da equação 3 (GIRARD et al., 2017).

$$K_{perna} = F_{V_{max}} \cdot [DvCoM + L0 - \sqrt{(L0)^2 - (0,5 \cdot vel \cdot T_c)^2}]^{-1}$$

Equação 3 – Cálculo da rigidez da perna (K_{perna}). F_{V_{max}} representa o pico da força vertical de reação do solo (em kN), DvCoM o deslocamento vertical do centro de massa (m), L0 representa a distância entre o trocânter maior e o solo (m), vel a velocidade da corrida (em m.s⁻¹) e T_c o tempo de contato do pé com o solo (s).

O modelo utilizado para determinar a força de reação do solo foi determinado a partir da Equação 4 (MORIN et al., 2005).

$$F_{V_{max}} = m \cdot g \cdot \pi/2 (T_v / T_c + 1)$$

Equação 4 – Cálculo do pico da força vertical de reação do solo (F_{V_{max}}). *m* representa a massa do participante (kg), *g* a aceleração da gravidade (9,81 m.s⁻²), *π* representa 3.14 (pi), T_v o tempo de fase aérea e T_c o tempo de contato do pé com o solo (s).

2.5.3 Análise dos dados do dinamômetro isocinético

Para os dados do dinamômetro isocinético foram analisados os valores de média do 2º ao 4º pico de torque (PT) da musculatura agonista de extensores de joelho na fase concêntrica (ExJ), PT da musculatura agonista de flexores de joelho na fase concêntrica (FleJ), trabalho médio do 2º ao 4º movimento para as fases ExJ e FleJ e a relação agonista/antagonista, bem como para as assimetrias entre os membros ND e D.

O PT representou o maior valor de torque (T) ao longo de toda a amplitude do movimento dentro do período de isocinetismo do aparelho e foi obtido como o produto da distância entre o centro do eixo de rotação até o local da força aplicada (d) e o valor da força aplicada (F), de modo que: $T = F \cdot d$, fosse expresso em N·m. O trabalho por sua vez foi calculado como o produto do T pelo deslocamento angular (θ em radianos), de modo que ($TR = T \cdot \theta$) fosse expresso em Joules (J) (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001)□□.

2.5.4 Análise dos dados dos saltos verticais unilaterais

A rigidez da perna durante os saltos (K_{pernaS}) foi verificada por meio da equação 5 (BEERSE; WU, 2016).:

$$K_{pernaS} = F_{VmaxS} / DV_{CoMS}$$

Equação 5 – Cálculo da rigidez da perna durante os saltos unilaterais (K_{pernaS}). F_{VmaxS} representa a força vertical máxima de reação do solo durante os saltos (em N) e DV_{CoMS} o deslocamento vertical do centro de massa durante o salto (m).

A F_{VmaxS} dos participantes, ao realizarem os saltos unilaterais, foi obtida como o produto entre a aceleração vertical do CoM e a massa do participante no momento de contato do pé com o solo. O DV_{CoMS} foi definido como a diferença entre o valor vertical do CoM no momento que o participante toca o solo e o M_{CoM} durante o movimento (BEERSE; WU, 2016)□. O momento de contato do pé com o solo foi determinado como o valor de maior velocidade descendente do CoM do pé ao qual o membro realizou o salto (**Apêndice C**).

2.5.5 Cálculo da assimetria entre membros inferiores

Para o estudo 1, foi definido como membro inferior dominante (D) aquele que apresentou o maior valor de força máxima vertical de reação do solo ($F_{v_{max}}$) durante a corrida para a menor velocidade analisada (70% VP), dado que nessa velocidade é apresentado o menor valor para essa variável (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999) e, sendo esse considerado como valor base para este estudo.

Por meio dos valores de cada variável de cada membro, foi calculada a assimetria entre esses membros inferiores (AMI) para o estudo 2, de acordo com a Equação 6 (adaptada de BISHOP et al., 2018):

$$AMI = |(V_{eMe}/V_{eMa})-1| \cdot 100$$

Equação 6 – Cálculo da assimetria entre membros inferiores (AMI). V_{eMe} representa o menor valor entre os membros e, V_{eMa} o maior valor entre os membros.

Obteve-se a diferença percentual entre os membros. Por exemplo, se um indivíduo possuir um maior valor estabelecido (V_{eMa}) de $F_{v_{max}}$ de 1750 N (newton) para um dos membros e um menor valor (V_{eMe}) de 1680 N para o outro, ao aplicarmos na fórmula anterior: $AMI = |(1680/1750)-1| \cdot 100$ teremos o resultado de 4% e esse representa o percentual de assimetria de um membro em relação ao outro, sendo interpretado como que o membro mais fraco aplica 4% de força a menos do que o mais forte.

2.6 Análises estatísticas

Para a comparação entre as variáveis da corrida, do dinamômetro e suas assimetrias nas diferentes velocidades foi optado pela ANOVA de medidas repetidas. Cada membro foi tratado separadamente, ou seja, o membro ND teve suas variáveis analisadas somente com outras variáveis do membro ND. A normalidade de todas as variáveis foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilks.

Para a ANOVA de medidas repetidas, primeiramente a esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste de Mauchly. Para as variáveis que violaram o pressuposto de esfericidade, foi utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser*. Quando o teste *F* foi significativo, foi utilizado o *post hoc* de Bonferroni (DANCEY,

CHRISTINE P.; REIDY, 2006)[□]. O *effect-size (ES)* das diferenças estatisticamente significantes entre as variáveis no teste da ANOVA de medidas foi verificado por meio do *Partial Ômega Squared (ω_p^2)*, que apresenta o ES baseado em todas as comparações e realiza ajustes considerando a variabilidade das diferenças e do erro (KEPPEL; WICKENS, 2004). O ES para esse teste teve sua magnitude interpretada como pequeno (0,01-0,06), médio (0,06-0,14) ou grande efeito (> 0,14) (FIELD, 2013).

Para analisar a relação entre as variáveis cinéticas da corrida e dos testes funcionais, bem como as variáveis cinéticas obtidas no dinamômetro isocinético no estudo 1 e as assimetrias das variáveis cinéticas durante a corrida com aquelas observadas durante os testes funcionais e, durante as avaliações de dinamometria isocinética do estudo 2, foi realizada a análise de correlação bivariada. Como algumas das variáveis não atenderam ao pressuposto de normalidade definido pelo teste de *Shapiro-Wilk*, foi utilizado o coeficiente de correlação de postos de *Spearman (rho)* para analisar a correlação entre as variáveis da corrida com as da dinamometria isocinética e dos saltos funcionais para membro inferior. Dancy, Christine e Reidy (2004) classificaram a correlação como 1.0 indicando correlação perfeita; $.99 \geq e \leq .70$ indicando uma forte correlação; $.69 \geq e \leq .40$ indicando uma moderada correlação e $\leq .39$ indicando uma pequena correlação. Dessa forma, para este estudo foram destacados somente os valores de $rho \geq 0,40$ e que fossem estatisticamente significantes ($P < 0,05$).

Para a comparação entre os membros ND e D no estudo 2, foi usado o teste de *Wilcoxon* devido a algumas das variáveis não atenderem ao pressuposto de normalidade. O ES adotado para esse teste foi o r ($r = d/\sqrt{d^2+a}$) (COOPER; HEDGES; VALENTINE, 2009). Rosenthal (1994) propôs esse teste como alternativa quando os critérios para a utilização do d de Cohen não forem atendidos. Esse será interpretado por sua magnitude como em pequeno (0,1 a 0,3), moderado (0,3 a 0,5) e grande efeito (>0,5) (COHEN, 1988).

Para este estudo foi adotado α de 5%[□]. Todos os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico *SPSS (v.25)*, *MedCalc (v.19.1.5)* e *Matlab (R2016a; MathWorks, Natick, USA)*.

3 RESULTADOS

A presente dissertação de mestrado foi estruturada no modelo Escandinavo, assim, os resultados para este serão apresentados em dois artigos originais.

3.1 Artigo 1

Relação das variáveis cinéticas da corrida com testes de força e saltos unilaterais em corredores recreacionais

Resumo

A mecânica da corrida é influenciada pela força muscular dos membros inferiores, sendo o instrumento padrão ouro para verificação dinâmica da força de alto custo. Variáveis cinéticas dos saltos unilaterais podem ser uma alternativa de baixo custo para essa avaliação. O objetivo deste estudo foi analisar as relações das variáveis cinéticas mensuradas em diferentes velocidades de corrida, com variáveis mensuradas por meio da dinamometria e dos saltos verticais. Vinte e seis corredores recreacionais realizam um protocolo para determinar a velocidade pico (VP), precedido de três corridas de um minuto a 70, 80 e 90% da VP e seis saltos unilaterais, com registros cinemáticos tridimensionais. No último dia de avaliações os participantes realizaram o teste de força de joelho no dinamômetro isocinético nas velocidades de 60, 180 e 300°/s. O incremento da velocidade resultou aumentos na força máxima vertical de reação do solo ($F_{V_{max}}$ em $N \cdot kg^{-1}$) [70%: $22,48 \pm 1,81$, 80%: $23,11 \pm 1,72$, 90%: $23,88 \pm 1,69$] e na rigidez do CoM (K_{CoM} em $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [70%: 489 ± 91 , 80%: 514 ± 97 , 90%: 544 ± 101]. Em contrapartida, um decréscimo nos valores de rigidez da perna (K_{perna} em $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [70%: 143 ± 34 , 80%: 132 ± 28 , 90%: 122 ± 27]. Para o membro ND, a $F_{V_{max}}$ a 70% da VP apresentou moderada correlação significativa com as variáveis pico de torque (PT) durante a extensão de joelhos (ExJ) a 60°/s ($\rho=0,44$ [0,06;0,70]), assim como a $F_{V_{max}}$ a 80% da VP com o PT ExJ e trabalho ExJ a 180°/s ($\rho=0,44$ [0,06;0,70] e $\rho=0,46$ [0,08;0,71], respectivamente), além do trabalho FleJ a 180°/s ($\rho=0,47$ [0,10;0,72]). Para o membro D, a $F_{V_{max}}$ a 80% da VP apresentou moderadas correlações significantes com o PT e trabalho ExJ a 180°/s ($\rho=0,45$ [0,07;0,71] e $\rho=0,40$ [0,01;0,68], respectivamente). Conclui-se que, em corredores recreacionais, as variáveis cinéticas da corrida são sensíveis às alterações da velocidade de corrida. A força muscular máxima dos extensores de joelho a 180°/s se correlaciona moderadamente com a $F_{V_{max}}$ a 80% VP em corredores recreacionais.

Palavras-chave: dinamometria, isocinético, rigidez da perna, saltos unilaterais.

Abstract

The running mechanics is influenced by lower limb muscular strength but the gold standard instrument for dynamic measurements of strength is of high cost. Some variables from unilateral jumps could be a low-cost alternative for this assessment. The purpose of this study was to analyze the relationships between kinetic variables measured in different running speeds, with variables measured using dynamometry and unilateral vertical jumps. Twenty-six recreational runners performed a protocol to determine peak speed (PS), followed by three one-minute runs at 70, 80 and 90% of PS and six unilateral jumps, with three-dimensional motion captured. On the last day of tests, participants performed knee strength tests on the isokinetic dynamometer at 60, 180 and 300°/s. The increase in speed resulted in increases in the maximum vertical ground reaction force ($vGRF_{max}$ in $N \cdot kg^{-1}$) [70%: 22.48 ± 1.81 , 80%: 23.11 ± 1.72 , 90%: 23.88 ± 1.69] and stiffness of the CoM (K_{CoM} in $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [70%: 489 ± 91 , 80%: 514 ± 97 , 90%: 544 ± 101]. In contrast, a decrease in leg stiffness (K_{leg} in $N \cdot m \cdot kg^{-1}$) [70%: 143 ± 34 , 80%: 132 ± 28 , 90%: 122 ± 27] was observed. For the ND limb, $vGRF_{max}$ at 70% of the PS there was a significant and moderate correlation with peak torque (PT) during knee extension (ExJ) at 60°/s ($\rho = 0.44$ [0.06 ; 0.70]) and, $vGRF_{max}$ at 80% of PS has significant and moderate correlation with PT ExJ and work ExJ at 180°/s ($\rho = 0.44$ [0.06; 0.70] and $\rho = 0.46$ [0.08; 0.71], respectively) and work FleJ at 180°/s ($\rho = 0.47$ [0.10; 0.72]). For the D limb, $vGRF_{max}$ at 80% of PS had a significant and moderate correlation with PT and work ExJ at 180°/s ($\rho = 0.45$ [0.07; 0.71] and $\rho = 0.40$ [0.01; 0.68], respectively). It was concluded that, in recreational runners, kinetic variables of running are sensitive to changes in speed. The maximum muscle strength of knee extensors at 180°/s correlates moderately with $vGRF_{max}$ at 80% PS in recreational runners.

Keywords: dynamometry, isokinetic, leg stiffness, unilateral jumps.

3.1.1 Introdução

A corrida recreacional de rua é um exercício que vem crescendo progressivamente em número de praticantes (BALBINOTTI et al., 2015)□ e, assim como em outras modalidades cíclicas, seu desempenho é multifatorial (BARNES; KILDING, 2015). Fatores como respostas metabólicas, cardiorrespiratórias, neuromusculares e biomecânicas interagem entre si e interferem no desempenho do corredor. Cada um desses componentes conta com inúmeras variáveis que, quando moduladas adequadamente, tornam a corrida mais econômica (BARNES; KILDING, 2015)□.

Economia da corrida é a capacidade de um indivíduo se manter em uma velocidade padronizada em um determinado consumo submáximo de oxigênio (CONLEY; KRAHENBUHL, 1980)□. A economia da corrida é influenciada por inúmeras variáveis biomecânicas, entre as quais pode-se citar as cinemáticas e cinéticas. Entre as cinemáticas pode-se apontar o tempo de contato do pé com o solo (T_c), o tempo de fase aérea (T_v) e o deslocamento vertical do centro de massa (CoM). Para as cinéticas podemos citar a força vertical de reação do solo (F_{vmax}) e a rigidez da perna (K_{perna} , MOORE, 2016)□, sendo esta última influenciada por todas as anteriores (MORIN et al., 2005)□.

A K_{perna} pode ser definida como a complacência do membro inferior durante o momento de contato com o solo (SILDER; BESIER; DELP, 2015)□ e pode ser influenciada pela força muscular dos membros inferiores. A força muscular por sua vez interfere em toda a biomecânica da corrida e esta pode ser alterada pela fadiga e por lesões (DA SILVA; FRAGA; GONÇALVES, 2007; KUHMAN et al., 2016; RADZAK et al., 2017)□. O instrumento padrão-ouro para analisar a força nos membros inferiores é o dinamômetro isocinético. Esse instrumento pode fornecer medidas diretas e indiretas unilaterais de torque, potência e trabalho para os movimentos nos três planos/eixos, separadamente (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001)□. O dinamômetro isocinético tem sido utilizado para diversas análises em corredores. Análises da força muscular em modalidades de corrida (OLMO; CASTILLA, 2005), na comparação de diferentes modalidades esportivas sobre a força de membros inferiores (SIQUEIRA et al., 2002), na influência de lesões ósteo-articulares sobre a força muscular de corredores de longa distância (PORTES et al., 2007) e até na relação entre a força “explosiva” e *sprints* durante a corrida

(DOWSON et al., 1998) são exemplos de aplicações. Entretanto, pouco se sabe sobre a relação da força muscular máxima dos membros inferiores com as variáveis cinéticas durante a corrida recreacional.

Outro método de avaliação que pode auxiliar na compreensão da relação da corrida com a força muscular, são os testes funcionais. Esses testes podem ser facilmente aplicados e já possuem relevância clínica (WILLSON; DAVIS, 2008)□. Entre os testes, os saltos unilaterais possuem aplicação no treinamento e avaliação de corredores (HAMILTON; PATON; HOPKINS, 2006; YANCI; ARCOS, 2014). Yanci e Arcos (2014) utilizaram do teste funcional de salto unilateral para comparar a altura de salto e a potência de corredores e ciclistas de elite e, Hamilton, Paton e Hopkins (2006) utilizaram saltos unilaterais para analisar o efeito de treinos de alta intensidade sobre o desempenho de corredores de longa distância e, encontraram que o treinamento com a utilização de saltos unilaterais proporcionou o aumento das velocidades máxima, da velocidade prevista para 800 e 1500m, da velocidade do limiar de lactato e, no teste de 5km em contrarrelógio.

Para o presente estudo, a análise das variáveis cinéticas dos saltos unilaterais possibilitaria o entendimento/identificação de características comuns com as variáveis cinéticas da corrida recreacional. Quando específicos, esse teste pode se assemelhar a movimentos da corrida (por exemplo: saltos unilaterais simulam o ciclo alongamento-encurtamento da corrida). Ainda, quando comparado as análises do dinamômetro isocinético, as análises das variáveis dos saltos unilaterais exigem menor custo financeiro e, podem possuir maior relação com a corrida, pois a tarefa dos saltos possibilita a movimentação multiplanar.

A partir do apresentado, é possível constatar que estudar a relação das variáveis cinéticas da corrida com as variáveis cinéticas obtidas por meio da dinamometria isocinética, bem como a relação entre a corrida e os saltos unilaterais é de grande valia, uma vez que seus resultados podem evidenciar se valores de força em teste não específicos podem se relacionar com algumas variáveis que afetam a ER. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar as alterações causadas pela velocidade nas variáveis cinéticas da corrida e a correlação dessas com as variáveis da dinamometria e dos saltos verticais unilaterais.

3.1.2 Métodos

3.1.2.1 Participantes

Participaram deste estudo 26 corredores recreacionais do sexo masculino ($32,1 \pm 5,9$ anos; $175,4 \pm 7,7$ cm; $76,4 \pm 12,1$ kg), com idade de 18 a 40 anos, volume de treino igual ou maior que 30 quilômetros por semana, no mínimo os últimos 6 meses de prática, sem lesões neuromusculares ou alterações cardiorrespiratórias que os impossibilitassem ou interferissem nas avaliações. O tempo de prática e as sessões semanais de treino foram definidos baseados a serem valores próximos a alguns estudos anteriores (> 6 meses e $4,5 \pm 2,5$ h/semana, respectivamente, GIRARD et al., 2017; PAPPAS; PARADISIS; VAGENAS, 2015). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina sob o parecer número 2.914.957 (CAAE: 97002818.8.0000.5231).

3.1.2.2 Determinação da velocidade pico

O protocolo envolveu três dias de avaliações (Figura 3), sendo aleatorizados o primeiro e terceiro dia de avaliações.

Os dados antropométricos foram aferidos por uma balança com estadiômetro acoplado do modelo Welmy W110H (com precisão de 0,1 kg e de 0,1 cm, respectivamente) e foi realizado o protocolo incremental de velocidade máxima em esteira-rolante (modelo: Imbramed KT – 10200 ATL).

A velocidade pico do participante foi estimada pela equação 7 de Kuipers et al. (2003):

$$VP = V_{completa} + (Inc \cdot t/T)$$

Equação 7 – Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio.

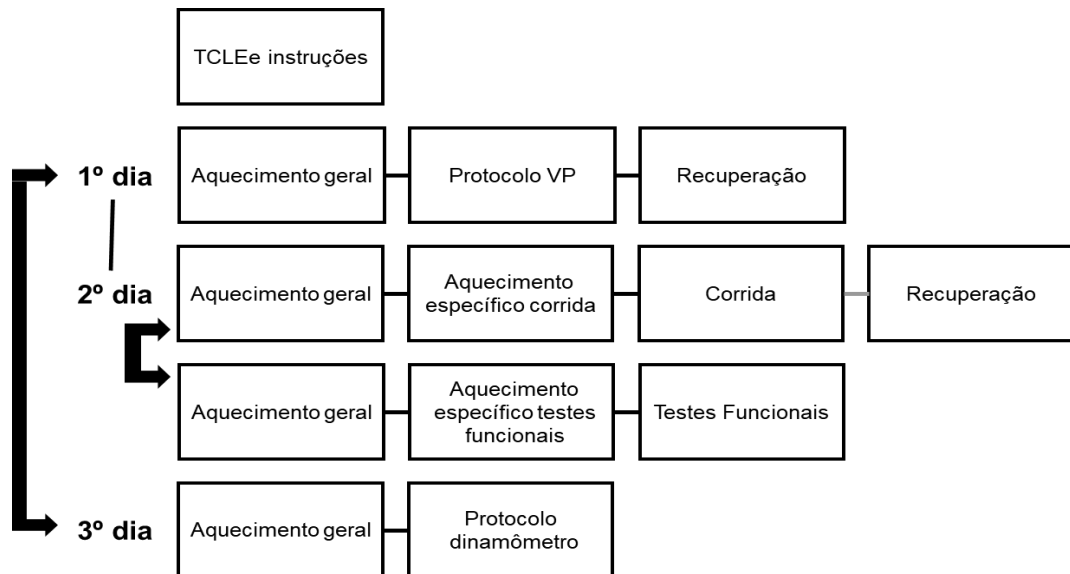


Figura 3 – Atividades realizadas durante as coletas e tempo médio para cada dia de avaliação; Setas indicam dias ou testes que foram aleatorizados. TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; VP : velocidade pico.

3.1.2.3 Coleta de dados

3.1.2.3.1 Captura cinemática e modelamento corporal

Para aquisição das variáveis cinemáticas durante a corrida foi utilizado o sistema de captura optoeletrônica da *Optitrack® - Optical Motion Capture Solutions*, composto por sete câmeras modelo *Prime 13* com frequência de aquisição de 200 Hz. O modelo corporal utilizado foi o de De Leva (1996) □ composto por 18 marcadores. Para o cálculo do frame de contato do pé com o solo foram adicionados quatro marcadores nas espinhas ilíacas anterossuperiores (EIAS) e posterossuperiores (EIPS) direita e esquerda. Por meio desses foi calculado o CoM da pelve (V3D COMPOSITE PELVIS, 2016) □.

3.1.2.3.2 Teste de corrida em esteira

Para o teste de corrida foi calculado os valores de 70, 80 e 90% da VP e os participantes foram instruídos e orientados sobre os aquecimentos do teste de corrida. O primeiro envolveu uma caminhada leve na velocidade de cinco km/h e o segundo aquecimento uma corrida por três minutos a 50% da VP. A coleta em si teve duração total de três minutos, sendo um minuto para cada percentual da VP

(70, 80 e 90% da VP), sendo que para esses três minutos a ordem de realização ocorreu de maneira aleatorizada. Após o teste, todos os participantes realizaram mais três minutos de volta a calma caminhando a cinco km/h.

3.1.2.3.3 Saltos verticais unilaterais

A força máxima vertical de reação do solo durante os saltos ($F_{V_{max}S}$) dos participantes ao realizarem teste foi obtida como o produto entre a aceleração vertical do centro de massa (CoM) e a massa do participante. Para a aquisição dos dados dos saltos unilaterais foi utilizado o mesmo sistema de captura optoeletrônica, possuindo ainda a mesma frequência de aquisição, sendo essa a 200 Hz.

Os participantes realizaram dois aquecimentos, o primeiro sendo cinco minutos caminhando a cinco km/h e em seguida oito agachamentos livres, e imediatamente em seguida todos os participantes foram instruídos a realizarem seis saltos unilaterais com contramovimento, ambos até uma flexão de joelho maior do que 50°, limites definidos pelo próprio participante e com o início do movimento instruído pelos avaliadores (WILLSON; DAVIS, 2008). Os testes iniciaram aleatoriamente quanto ao hemisfério (direito/ esquerdo) e foi padronizada a instrução verbal e os participantes foram instruídos com: “salte o mais alto possível” (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999)□.

3.1.2.3.4 Teste de força de membros inferiores

No primeiro/terceiro dia de testes foi realizada a avaliação de força dos extensores e flexores de joelho no dinamômetro isocinético. Essa ocorreu com os participantes sentados. Foram realizados ajustes da cadeira a fim de garantir que o eixo de rotação do dinamômetro estivesse alinhado com o eixo de rotação da articulação tibiofemoral. Foi utilizado o módulo concêntrico-concêntrico por ser de mais fácil execução e segura para o atleta (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001)□ e, durante a realização do protocolo, os participantes foram familiarizados com cada velocidade (60, 180 e 300°/s) antes da aquisição dos dados, sendo as velocidades aleatorizadas. Após a familiarização foram realizados cinco movimentos para cada fase e velocidade.

3.1.2.4 Análise dos dados

Os dados cinemáticos foram processados inicialmente no programa *MotiveBody* v.1.0 para a reformatação dos arquivos, possibilitando o uso em outros. O *gap fillings* dos dados foram preenchidos em até 50 frames e foram interpolados pelo modelo de *spline* cúbico. Em seguida, se optou pela utilização do ambiente *Matlab* (R2016a; MathWorks, Natick, USA) para o processamento. Os dados cinemáticos foram filtrados (WINTER, 2005) a 8 Hz[□] e foram considerados para as análises 10 passos de cada lado iniciados a partir dos 30-35 segundos do estágio.

Para os dados da corrida foram calculados o tempo de contato do pé (T_c) com o solo, o tempo de voo ou duração da fase aérea (T_v), a posição vertical mínima do centro de massa (M_{CoM}) e o deslocamento vertical do centro de massa ($DvCoM$), sendo todas verificadas para cada passo. O momento de contato do pé com o solo foi definido como o frame com a maior velocidade vertical descendente do CoM da pelve (MILNER[□]; PAQUETTE, 2015); e o momento de saída como sendo a maior distância entre o marcador do trocânter maior do fêmur (modificado para o CoM da pelve) e o marcador da base do hálux (adaptado para a epífise distal do segundo metatarso, SMITH et al., 2015). Para determinar o $DvCoM$, foi considerada a diferença entre o valor da coordenada vertical do CoM no momento do contato do pé com o solo e o M_{CoM} durante a corrida para cada passo. Foram calculadas também durante a corrida a rigidez vertical do CoM (K_{CoM} , BOBBERT; SCHAMHARDT; NIGG, 1991; PAVEI et al., 2017)[□], a rigidez da perna (K_{perna} , GIRARD et al., 2017)[□] e a força vertical máxima de reação do solo (F_{Vmax} , MORIN et al., 2005)[□].

Os dados do dinamômetro isocinético foram filtrados à 20 Hz e foram analisados os valores da média do pico de torque (PT) da musculatura agonista de extensores de joelho na fase concêntrica (ExJ), média do PT da musculatura agonista de flexores de joelho (FleJ), média do trabalho nas fase ExJ e FleJ e a relação entre agonista/antagonista. Para todas as variáveis anteriores foi considerada a média da 2^o a 4^o repetição dos cinco movimentos para cada velocidade.

Para os saltos foi analisada a F_{VmaxS} e a rigidez da perna durante os saltos (K_{pernaS} , BEERSE; WU, 2016), adaptado conforme apresentado no **Apêndice C**[□] e, para essas variáveis foi considerada a média do 2^o ao 4^o salto.

Para o presente estudo, o membro inferior dominante (D) foi categorizado como aquele que apresentou o maior valor de força máxima vertical de reação do solo ($F_{V_{max}}$) durante a corrida para a menor velocidade analisada (70% VP), dado que nessa velocidade é apresentado o menor valor para essa variável (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999) e, sendo esse considerado como valor base para este estudo.

3.1.2.5 Análises estatísticas

Para fins de análise, cada membro foi tratado separadamente, ou seja, o membro não dominante (ND) teve suas variáveis analisadas somente com outras variáveis do membro ND. Para a comparação entre as variáveis cinéticas da corrida nas diferentes velocidades foi optado pela ANOVA de medidas repetidas, uma vez que essa suporta a distribuição não normal dos dados e pode ser realizada mesmo caso alguma variável não atenda ao pressuposto (BATHKE, 2004). A normalidade de todas as variáveis foi verificada por meio do teste de *Shapiro-Wilks*. A esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Mauchly*. Para as variáveis que violaram o pressuposto de esfericidade, foi utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser*. Para analisar qual velocidade difere das demais para a determinada variável foi optado pelo *post hoc* de Bonferroni (DANCEY, CHRISTINE P.; REIDY, 2006)[□]. O *effect-size* (ES) das diferenças estatisticamente significantes entre as variáveis no teste da ANOVA de medidas foi verificado por meio do *Partial* Ômega Squared (ω^2_p). O ω^2_p pode possuir valores de ± 1 (zero significa nenhum efeito) e, pode ser interpretado como o quanto de variação da variável resposta é explicado pela variável explicativa. Para $\omega^2_p \cdot 100$, pode-se assumir o valor percentual dessa variação. O ES para esse teste teve sua magnitude interpretada como pequeno (0,01-0,06), médio (0,06-0,14) ou grande efeito (> 0,14) (FIELD, 2013).

Para analisar a relação entre as variáveis cinéticas da corrida e dos saltos unilaterais, bem como as variáveis cinéticas obtidas no dinamômetro isocinético e as cinéticas da corrida, foi realizada a análise de correlação bivariada. Como algumas das variáveis não atenderam ao pressuposto de normalidade definido pelo teste de *Shapiro-Wilk*, foi optado por utilizar o coeficiente de correlação de postos de

Spearman (rho). A correlação para este estudo foi classificada como 1.0 indicando correlação perfeita; $.99 \geq e \leq .70$ indicando uma forte correlação; $.69 \geq e \leq .40$ indicando uma moderada correlação e $\leq .39$ indicando uma pequena correlação (DANCEY, CHRISTINE P.; REIDY, 2006). Dessa forma, foram destacados somente os valores de $rho \geq 0,40$ e que fossem estatisticamente significantes ($P < 0,05$).

Para este estudo foi adotado α de 5%[□]. Todos os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico *SPSS* (v.25), *MedCalc* (v.19.1.5) e *Matlab* (R2016a; *MathWorks, Natick, USA*).

3.1.3 Resultados

A Tabela 1 apresenta as variáveis de treinamento do grupo, contendo a média, desvio padrão (DP).

Tabela 1 - Variáveis de treinamento dos participantes.

Variáveis	\bar{x} (DP)
Tempo de prática (anos)	4,70 (5,2)
Volume semanal (km)	37,2 (10,5)
Sessões semanais	4,3 (1,1)
Tempo /km (min)	4:27" (0:24")
Velocidade 70% VP (m/s)	3,5 (0,4)
Velocidade 80% VP (m/s)	4,0 (0,4)
Velocidade 90% VP (m/s)	4,5 (0,5)

Fonte: o próprio autor.

Na Figura 4 é apresentada a comparação das variáveis da corrida nas diferentes velocidades. Para a variável Fv_{max} , em ambos os membros, todas as velocidades diferem entre si ($\omega^2_p = 0,30$). Quando comparado os valores de Fv_{max} no membro ND a 70% VP com a velocidade de 80% no mesmo membro, a diferença média (DM) foi de -0,76 N·kg [IC 95%= -1,23; -0,30] e $P < 0,01$. Para a comparação de 70% VP no membro ND com a velocidade de 90% no mesmo membro, observou-se DM = -1,59 N·kg [-2,39; -0,78] ($P < 0,01$) e, quando comparada a Fv_{max} em 80% com 90% VP a DM foi de -0,82 N·kg [-1,53; -0,10] ($P = 0,02$). Para Fv_{max} no membro

D, quando comparada as velocidades de 70 e 80%, 70 e 90% e 80 e 90%, tem-se, respectivamente, $DM = -0,49 \text{ N}\cdot\text{kg} [-0,92; 0,00]$ ($P = 0,04$), $-1,19 \text{ N}\cdot\text{kg} [-1,78; -0,60]$ ($P < 0,01$) e $-0,70 \text{ N}\cdot\text{kg} [-1,22; -0,18]$ ($P < 0,01$), com $\omega_p^2 = 0,28$.

Para a K_{CoM} quando comparada as velocidades de 70 e 80% VP, 70 e 90% VP e 80 e 90% VP para o membro ND, obteve-se $DM = -30,76 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-51,34; -10,19]$ ($P < 0,01$), $DM = -63,66 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-93,22; -34,09]$ ($P < 0,01$) e $DM = -32,89 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-59,64; -6,13]$ ($P < 0,01$), respectivamente, com 32% da variação da K_{CoM} para o membro ND ocorrendo devido a alteração da velocidade de corrida. Para o membro D, a DM obtida quando comparado a K_{CoM} na velocidade de 70 e 80% VP foi de $-18,80 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-32,82; -4,79]$ ($P < 0,01$) e, quando comparado 70 e 90% VP e 80 e 90% VP, teve-se respectivamente $DM = -46,98 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-67,31; -26,66]$ ($P = 0,00$) e $DM = -28,18 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [-55,96; -0,40]$ ($P = 0,04$), com $\omega_p^2 = 0,27$. Para a variável K_{perna} no membro ND, apenas as velocidades 70 e 90% VP diferiram estatisticamente, com $DM = 15,85 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [4,24; 27,46]$ ($P = 0,04$) e $\omega_p^2 = 0,13$. Para o membro D, todas as velocidades diferiram estatisticamente e, quando comparado 70 e 80% VP, 70 e 90% VP e 80 e 90% VP, observou-se respectivamente $DM = 15,48 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [4,78; 26,19]$ ($P < 0,01$), $DM = 25,62 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [15,12; 36,12]$ ($P < 0,01$) e $DM = 10,14 \text{ N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1} [2,74; 17,54]$ ($P = 0,04$), com $\omega_p^2 = 0,36$.

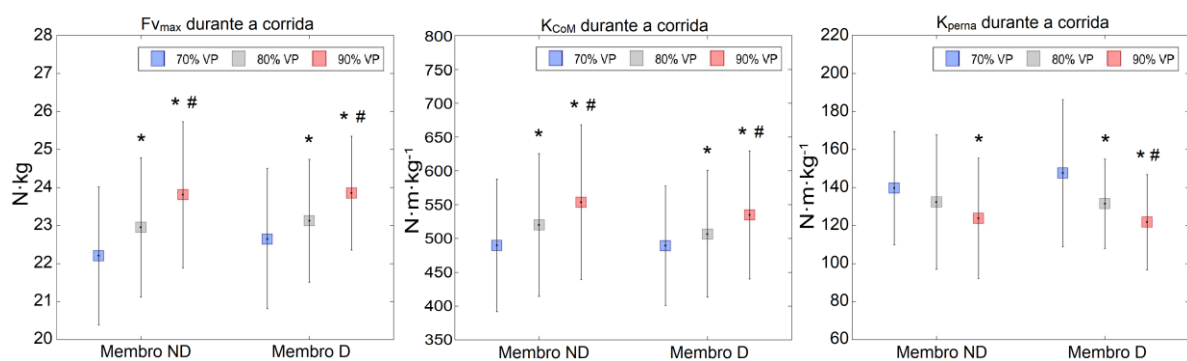


Figura 4 – Média e DP para a comparação entre as variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP. D = membro dominante; ND = membro não dominante; * = diferença estatisticamente significativa quando comparada a velocidade de 70% no mesmo membro; # = diferença estatisticamente significativa quando comparada a velocidade de 80% no mesmo membro.

A tabela 2 apresenta as variáveis PT e trabalho nas fases ExJ e FleJ a 60, 180 e 300°/s para os membros ND e D.

Tabela 2 – Variáveis cinéticas do dinamômetro isocinético nas velocidades de 60, 180 e 300°/s, coletados em corredores recreacionais de rua.

Variável	Membro ND		Membro D	
	Md (25-75%) [IC 95%]		Md (25-75%) [IC 95%]	
PT ExJ (N·m·kg ⁻¹)	2,71 (2,28-3,08) [2,43;3,01]		2,59 (2,31-3,10) [2,40;2,89]	
PT FleJ (N·m·kg ⁻¹)	1,45 (1,29-1,66) [1,31;1,63]		1,42 (1,28-1,66) [1,31;1,62]	
PT ExJ/FleJ (%)	60°/s	54,50 (50,60-57,60) [51,73;57,23]	55,40 (51,70-57,20) [52,11;56,69]	
Trabalho ExJ (J·kg ⁻¹)		2,42 (2,20-2,74) [2,21;2,67]	2,46 (2,22-2,80) [2,26;2,69]	
Trabalho FleJ (J·kg ⁻¹)		1,59 (1,34-1,76) [1,37;1,72]	1,53 (1,34-1,83) [1,39;1,80]	
Trabalho ExJ/FleJ (%)	66,30 (56,70-72,20) [58,02;71,22]		64,55 (59,40-68,50) [60,05;67,80]	
PT ExJ (N·m·kg ⁻¹)	1,87 (1,63-2,09) [1,63;2,05]		1,91 (1,68-2,15) [1,74;2,07]	
PT FleJ (N·m·kg ⁻¹)	1,22 (0,96-1,49) [1,01;1,43]		1,29 (0,99-1,51) [1,05;1,46]	
PT ExJ/FleJ (%)	180°/s	63,50 (56,10-68,60) [58,16;68,13]	67,30 (61,10-73,30) [62,89;71,62]	
Trabalho ExJ (J·kg ⁻¹)		1,79 (1,68-2,20) [1,70;2,00]	2,00 (1,70-2,23) [1,82;2,16]	
Trabalho FleJ (J·kg ⁻¹)		1,22 (1,01-1,47) [1,05;1,44]	1,41 (1,07-1,58) [1,15;1,56]	
Trabalho ExJ/FleJ (%)	65,60 (57,10-72,90) [58,00;72,22]		72,50 (62,30-74,00) [64,45;73,61]	
PT ExJ (N·m·kg ⁻¹)	1,60 (1,34-1,78) [1,34;1,77]		1,67 (1,45-1,83) [1,52;1,78]	
PT FleJ (N·m·kg ⁻¹)	1,02 (0,93-1,19) [0,94;1,14]		1,07 (0,91-1,30) [0,97;1,22]	
PT ExJ/FleJ (%)	300°/s	66,60 (61,40-70,20) [62,11;69,84]	70,50 (63,00-76,20) [64,33;75,67]	
Trabalho ExJ (J·kg ⁻¹)		1,41 (1,29-1,57) [1,33;1,54]	1,49 (1,40-1,64) [1,42;1,59]	
Trabalho FleJ (J·kg ⁻¹)		1,04 (0,79-1,28) [0,85;1,22]	1,07 (0,90-1,34) [0,98;1,22]	
Trabalho ExJ/FleJ (%)	72,95 (62,70-82,80) [63,81;79,73]		72,95 (66,10-86,90) [68,24;80,16]	

Md: mediana; IC: intervalo de confiança; ND: membro não dominante; D: membro dominante; PT: média do pico de torque; ExJ: fase concêntrica da extensão de joelhos; FleJ: fase concêntrica da flexão de joelhos. **Fonte:** o próprio autor.

A tabela 3 apresenta as variáveis cinéticas dos saltos unilaterais, sendo essas a FV_{maxS} e a K_{pernaS} .

Tabela 3 – Variáveis cinéticas dos saltos unilaterais.

	Variável	
	Md (25-75%) [IC 95%]	
	FV_{maxS} (N·kg)	K_{pernaS} (N·m·kg ⁻¹)
Membro ND	27,44 (24,97-29,46) [25,28;29,45]	136,2(117,7-158,5) [122,5;153,9]
Membro D	27,16 (25,77-31,72) [26,23;30,01]	141,8 (112,1-173,1) [124,1;167,9]

Md: mediana; IC: intervalo de confiança; ND: membro não dominante; D: membro dominante; FV_{maxS} : força máxima vertical de reação do solo durante os saltos unilaterais; K_{pernaS} : rigidez da perna durante os saltos unilaterais. **Fonte:** o próprio autor.

A tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as variáveis cinéticas da corrida e as variáveis obtidas por meio da dinamometria isocinética para os membros ND e D. Para o membro ND foram encontradas correlações estatisticamente significantes $\geq 0,40$ entre as variáveis FV_{max} a 70% VP e PT ExJ a 60°/s ($P = 0,02$) e, FV_{max} a 80% VP com PT ExJ e

trabalho ExJ a 180°/s ($P = 0,02$ e $P = 0,01$, respectivamente) e $F_{v_{max}}$ a 80% VP com trabalho FleJ a 180°/s ($P = 0,01$). Para o membro D, as correlações estatisticamente significantes e $\geq 0,40$ foram entre as variáveis $F_{v_{max}}$ a 80% VP com PT e trabalho ExJ a 180°/s, sendo $P = 0,01$ e $P = 0,04$, respectivamente.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as variáveis obtidas por dinamometria isocinética a 60, 180 e 300°/s e variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP para os membros ND e D.

Variável	ρ [IC 95%]					
	$F_{v_{max}}$ ND	K_{CoM} ND	K_{perna} ND	$F_{v_{max}}$ D	K_{CoM} D	K_{perna} D
70% VP						
PT ExJ	0,44 [-0,06;0,70]	0,21 [-0,19;0,55]	0,06 [-0,33;0,43]	0,19 [-0,21;0,53]	0,03 [-0,36;0,41]	-0,07 [-0,44;0,32]
PT FleJ	0,23 [-0,17;0,56]	-0,02 [-0,40;0,37]	-0,09 [-0,46;0,30]	0,16 [-0,24;0,51]	0,07 [-0,32;0,44]	0,14 [-0,26;0,5]
PT ExJ/FleJ	-0,37 [-0,66;0,02]	-0,23 [-0,56;0,17]	-0,23 [-0,56;0,17]	-0,07 [-0,44;0,32]	0,23 [-0,17;0,56]	0,28 [-0,12;0,60]
Trabalho ExJ	0,31 [-0,08;0,62]	0,06 [-0,33;0,43]	-0,14 [-0,5;0,26]	0,07 [-0,32;0,44]	0,02 [-0,37;0,40]	-0,20 [-0,54;0,20]
Trabalho FleJ	0,05 [-0,34;0,42]	-0,24 [-0,57;0,16]	-0,38 [-0,66;0,0]	-0,03 [-0,41;0,36]	-0,14 [-0,5;0,26]	-0,15 [-0,50;0,25]
Trabalho ExJ/FleJ	-0,26 [-0,58;0,14]	-0,35 [-0,64;0,04]	-0,32 [-0,62;0,07]	-0,02 [-0,40;0,37]	-0,08 [-0,45;0,31]	0,15 [-0,25;0,50]
80% VP						
PT ExJ	0,44 [-0,03;0,65]	0,31 [-0,08;0,62]	0,20 [-0,20;0,54]	0,45 [-0,07;0,71]	0,25 [-0,15;0,58]	0,03 [-0,36;0,41]
PT FleJ	0,35 [-0,04;0,64]	0,17 [-0,23;0,52]	0,16 [-0,24;0,51]	0,24 [-0,16;0,57]	0,27 [-0,13;0,59]	-0,01 [-0,39;0,37]
PT ExJ/FleJ	0,02 [-0,37;0,40]	-0,10 [-0,46;0,29]	-0,02 [-0,40;0,37]	-0,12 [-0,48;0,28]	0,26 [-0,14;0,58]	0,09 [-0,30;0,46]
Trabalho ExJ	0,46 [-0,08;0,71]	0,28 [-0,12;0,60]	0,09 [-0,30;0,46]	0,40 [-0,01;0,68]	0,35 [-0,04;0,64]	0,04 [-0,35;0,42]
Trabalho FleJ	0,47 [-0,10;0,72]	0,14 [-0,26;0,5]	0,23 [-0,17;0,56]	0,31 [-0,08;0,62]	0,16 [-0,24;0,51]	0,02 [-0,37;0,40]
Trabalho ExJ/FleJ	0,18 [-0,22;0,53]	-0,02 [-0,40;0,37]	0,23 [-0,17;0,56]	0,23 [-0,17;0,56]	-0,13 [-0,49;0,27]	0,07 [-0,32;0,44]
90% VP						
PT ExJ	0,31 [-0,08;0,62]	0,11 [-0,29;0,46]	-0,10 [-0,46;0,29]	0,19 [-0,21;0,53]	-0,01 [-0,39;0,37]	-0,12 [-0,48;0,28]
PT FleJ	0,37 [-0,02;0,66]	0,14 [-0,26;0,5]	-0,09 [-0,46;0,30]	0,20 [-0,20;0,54]	0,17 [-0,23;0,52]	-0,16 [-0,51;0,24]
PT ExJ/FleJ	0,05 [-0,34;0,42]	0,01 [-0,37;0,39]	-0,08 [-0,31;0,45]	0,21 [-0,19;0,55]	0,38 [-0,00;0,66]	0,14 [-0,26;0,5]
Trabalho ExJ	0,32 [-0,07;0,62]	0,07 [-0,32;0,44]	-0,16 [-0,51;0,24]	0,17 [-0,23;0,52]	-0,06 [-0,43;0,33]	-0,29 [-0,60;0,10]
Trabalho FleJ	0,30 [-0,09;0,61]	0,06 [-0,33;0,43]	-0,08 [-0,45;0,31]	0,14 [-0,26;0,5]	0,19 [-0,21;0,53]	-0,18 [-0,53;0,22]
Trabalho ExJ/FleJ	0,22 [-0,18;0,55]	0,04 [-0,35;0,42]	0,04 [-0,35;0,42]	0,12 [-0,28;0,48]	0,27 [-0,13;0,59]	0,04 [-0,35;0,42]

IC: intervalo de confiança; $F_{v_{max}}$: força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM} : rigidez vertical do CoM; K_{perna} : rigidez da perna; PT: média do pico de torque; TR: média do trabalho; ExJ: fase concêntrica da extensão de joelhos; FleJ: fase concêntrica da flexão de joelhos. **Fonte:** o próprio autor.

Na tabela 5 são apresentados os coeficientes de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as variáveis cinéticas da corrida e as variáveis cinéticas dos saltos unilaterais para os membros ND e D. Para o membro ND, não foram encontradas correlações estatisticamente significantes $\geq 0,40$, enquanto que para o membro D, foi encontrado apenas a correlação entre as variáveis K_{perna} a 70 e 90% VP e K_{pernaS} ($P = 0,02$ para ambas).

Tabela 5 – Coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP e variáveis cinéticas dos saltos unilaterais para os membros ND e D.

Variável		ρ IC 95%			
		$Fv_{\text{maxS ND}}$	$K_{\text{pernaS ND}}$	$Fv_{\text{maxS D}}$	$K_{\text{pernaS D}}$
Fv_{max}	70%	0,21 [-0,19;0,55]	0,13 [-0,27;0,49]	0,14 [-0,26;0,5]	0,14 [-0,26;0,5]
	80%	0,12 [-0,28;0,48]	0,08 [-0,31;0,45]	0,16 [-0,24;0,51]	0,09 [-0,30;0,46]
	90%	0,12 [-0,28;0,48]	0,03 [-0,36;0,41]	0,02 [-0,37;0,40]	0,12 [-0,28;0,48]
K_{CoM}	70%	-0,18 [-0,53;0,22]	-0,15 [-0,50;0,25]	-0,14 [-0,5;0,26]	-0,10 [-0,46;0,29]
	80%	-0,24 [-0,57;0,16]	-0,12 [-0,48;0,28]	-0,13 [-0,49;0,27]	-0,13 [-0,49;0,27]
	90%	-0,05 [-0,42;0,34]	0,03 [-0,36;0,41]	-0,12 [-0,48;0,28]	-0,07 [-0,44;0,32]
K_{perna}	70%	0,14 [-0,26;0,5]	0,33 [-0,06;0,63]	0,31 [-0,08;0,62]	0,44 [-0,06;0,70]
	80%	0,10 [-0,29;0,46]	0,29 [-0,10;0,68]	0,19 [-0,21;0,53]	0,34 [-0,05;0,64]
	90%	0,09 [-0,30;0,46]	0,32 [-0,07;0,62]	0,20 [-0,20;0,54]	0,45 [-0,07;0,71]

IC: intervalo de confiança; Fv_{max} : força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM} : rigidez vertical do CoM; K_{perna} : rigidez da perna; Fv_{maxS} : força máxima vertical de reação do solo para salto unilateral e; K_{pernaS} : rigidez da perna para os saltos unilaterais. **Fonte:** o próprio autor.

3.1.4 Discussão

Um dos objetivos deste estudo foi analisar as alterações causadas pela velocidade nas variáveis cinéticas da corrida, as quais se alteraram devido ao aumento da velocidade. O presente estudo apresenta como diferencial, em comparação à literatura (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999; KING; McCARTNEY; TRIHY, 2019)□, a utilização de velocidades individualizadas, assim, aproximando a demanda fisiológica dos corredores para cada velocidade relativa (70, 80 e 90% VP). Como principal resultado observou-se que a variável $F_{V_{max}}$ a 80% da VP possui correlação moderada e positiva com as variáveis PT e trabalho ExJ a 180°/s, para ambos os membros (D e ND). Somente para o membro D, a variável K_{pernaS} se correlaciona positiva e moderadamente com a variável K_{perna} a 70 e 90% VP.

A variável $F_{V_{max}}$ apresentou um aumento significativo e de grande magnitude de acordo com o aumento da velocidade. Arampatzis, Brüggemann e Metzler (1999) também buscaram investigar o efeito da alteração da velocidade sobre as variáveis cinéticas analisadas por este estudo e, incluíram a rigidez articular. Os autores observaram que nas cinco velocidades analisadas (2,5, 3,5, 4,5, 5,5 e 6,5 m/s), a $F_{V_{max}}$ se portou de forma a apresentar um aumento gradativo decorrente ao aumento da velocidade. Esse resultado foi similar ao apresentado neste estudo, mesmo sendo analisadas apenas três velocidades. Segundo McMahon e Cheng (1990), à medida que a velocidade de corrida aumenta, também são aumentadas as velocidades vertical e horizontal de deslocamento do CoM e, Brughelli e Cronin (2008) apontam que a $F_{V_{max}}$ é aumentada linearmente com a velocidade horizontal e vertical do CoM. A velocidade horizontal é aumentada por meio do próprio aumento na velocidade da corrida e, a velocidade vertical é aumentada devido a maiores durações na T_v . Assim sendo, um maior valor de T_v gera uma maior velocidade vertical no momento de contato o que, conseqüentemente proporciona um maior valor de $F_{V_{max}}$ e menor T_c (BRUGHELLI; CRONIN, 2008).

O mesmo ocorreu com a variável K_{CoM} em ambos os membros, entretanto, o aumento da K_{CoM} é ainda maior que o aumento da $F_{V_{max}}$. Segundo Brughelli e Cronin (2008), a K_{CoM} é obtida a partir da relação entre a $F_{V_{max}}$ e o $DvCoM$. Uma vez que a $F_{V_{max}}$ é aumentada por meio do aumento da velocidade da corrida, seria lógico esperar um aumento proporcional desta variável. Contudo, o $DvCoM$ também é

diminuído pelo aumento da velocidade. Dessa forma, o aumento da K_{CoM} é em maior grau quando comparado ao aumento da $F_{V_{max}}$ e, o ES observado para esse aumento neste estudo foi considerado grande.

Na variável K_{perna} , o membro ND apresentou uma redução significativa somente entre as velocidades 70 e 90% VP com ES médio para a alteração da velocidade. No membro D, o aumento da velocidade causou a redução dos valores de K_{perna} , com grande ES para a alteração da velocidade. Contrapondo esses resultados, Arampatzis, Brüggemann e Metzler (1999) buscaram analisar as alterações causadas pelo aumento da velocidade da corrida sobre a K_{perna} . Os autores encontraram um aumento (não proporcional) da K_{perna} decorrente do aumento da velocidade. Morin et al. (2005) também verificou o efeito da velocidade sobre a K_{perna} em indivíduos fisicamente ativos e, seus resultados apontaram que não houve influência da velocidade sobre a K_{perna} . Isso ocorre devido que, por mais que exista um aumento nos valores de $F_{V_{max}}$ decorrente do aumento da velocidade, a deformação da perna a partir do momento de contato também aumenta, portanto, a K_{perna} não é alterada significativamente (BRUGHELLI; CRONIN, 2008). Entretanto, nenhuma das duas situações foi observada neste estudo. Esse achado pode ser explicado ao se considerar a população alvo deste estudo, uma vez que os corredores recreacionais deste estudo não deveriam realizar nenhum tipo de fortalecimento ou exercícios que priorizassem maior demanda de um dos membros em relação ao outro. Ainda, uma vez que a variável $F_{V_{max}}$ apresentou aumento significativo decorrente do aumento da velocidade e, o $DvCoM$ diminuiu com o aumento da velocidade (BRUGHELLI; CRONIN, 2008), mesmo se a deformação do membro inferior mantivesse os mesmos valores em todas as velocidades, seria o suficiente para o aumento da K_{perna} . Assim, pode-se assumir que em velocidades de corridas próximas a 100% da VP, os praticantes não suportam as cargas excêntricas a partir do contato e apresentam um aumento da deformação do membro inferior, o que acarreta a diminuição dos valores de K_{perna} . Se considerando que os valores de K_{perna} apresentado pelos participantes do presente estudo estão de acordo com o apresentado pela literatura, essa diminuição nos valores de K_{perna} podem indicar um aumento do gasto energético e, conseqüentemente, uma diminuição na economia da corrida (BARNES et al., 2014).

Para o membro ND, nas correlações entre as variáveis cinéticas da corrida e as variáveis cinéticas do dinamômetro, foram encontradas correlações moderadas e

positivas entre $F_{V_{max}}$ a 70% VP e PT ExJ a 60°/s e, $F_{V_{max}}$ a 80% VP com PT e trabalho ExJ e, trabalho FleJ, todas a 180°/s. Para o membro D, houve correlações moderadas e positivas somente entre a $F_{V_{max}}$ a 80% VP e PT e trabalho ExJ a 180°/s. Esses resultados demonstram que a força muscular máxima dos extensores de joelho possui relação com a $F_{V_{max}}$. Esse resultado é plausível, pois os extensores de joelho atuam excentricamente no momento de contato do pé com solo e são um dos responsáveis pela redução da aceleração do CoM (HAMNER; SETH; DELP, 2010). Simultaneamente a essa redução, parte da energia cinética do corpo é aproveitada (por meio da tensão elástica de tendões e músculos – principalmente o tendão calcâneo e os músculos extensores e flexores de joelho) para a conservação da energia mecânica total, exigindo menor gasto energético para o próximo passo (ALEXANDER, 1991; CAVAGNA; MARGARIA, 1966; THORDARSON, 1997). Assim, uma menor capacidade de força máxima, mesmo que avaliada concentricamente nessa musculatura, pode ter como consequência menor valor de $F_{V_{max}}$ durante a corrida. Ainda, além da força, o controle neuromuscular é importante para a melhora do desempenho. O estudo de Bobbert e Van Soest (1994) investigou quais os efeitos de manipulações no controle e na força muscular de membros inferiores sobre a altura do salto vertical. De acordo com os autores, a força muscular é importante para a realização de um gesto, entretanto, não necessariamente maiores valores de força indicam uma maximização do desempenho, pois é necessária uma adaptação do controle neuromuscular para que seja modulado adequadamente os músculos que atuam no gesto. Assim, é provável que os corredores possuam um melhor controle neuromuscular específico para a modalidade da corrida. Este achado pode explicar por que a correlação entre a $F_{V_{max}}$ e as variáveis de força dos extensores de joelho foi moderada.

Na correlação entre as variáveis cinéticas dos saltos unilaterais com as variáveis cinéticas da corrida, foram observadas correlações moderadas e positivas entre a K_{pernaS} e K_{perna} a 70 e 90% VP. A corrida e os saltos possuem diferenças quanto a realização da tarefa (e.g. na corrida o corpo se translada essencialmente no sentido anteroposterior enquanto no salto unilateral esse componente é muito pequeno e; o salto apresenta uma deformação vertical maior que na corrida). O momento de contato do pé com o solo seria a característica que apresenta semelhanças mecânicas entre os gestos, contudo, esse também depende do tipo de contato. Uma corrida realizada em retropé para o contato inicial, reduz bruscamente

a participação da articulação do tornozelo, possuindo uma maior demanda da articulação do joelho para esse fim. Enquanto isso, uma corrida que possui o contato inicial com o mediopé ou antepé, utiliza em maior demanda a articulação do tornozelo (DAVIS; RICE; WEARING, 2017). Logo, diferentes tipos de contato alteram a mecânica da corrida e podem dificultar a relação desta com o salto. Além disso, na corrida foi possível a utilização dos membros superiores, mas esses podem ser desconsiderados quanto a sua utilização contribuir para DvCoM (HAMNER; SETH; DELP, 2010). Assim, o mais provável é que essa correlação se apresentou como moderada uma vez a K_{perna} e K_{pernaS} possam ser semelhantes mecanicamente (uma vez que ambas dependem da deformação do membro inferior). Entretanto, devido a diferença entre o gesto, o mesmo corredor pode apresentar diferentes tipos de contato com o solo (e.g. corrida em retropé e contato do salto em antepé) nos dois gestos, o que altera a correlação da variável entre esses.

3.1.5 Conclusão

A partir dos resultados deste estudo, é possível concluir que em velocidades de corridas próximas a 100% da VP há diminuição dos valores da K_{perna} em corredores recreacionais. Esta redução pode representar um aumento da deformação dos membros inferiores. E, a força muscular concêntrica dos extensores de joelho se correlaciona moderada e positivamente com a Fv_{max} de corredores recreacionais.

3.2 Artigo 2

Assimetrias na cinética da corrida não são alteradas pela velocidade e se correlacionam com as assimetrias de saltos verticais unilaterais

Resumo

As assimetrias em variáveis cinéticas na corrida podem estar relacionadas a desequilíbrios na força muscular dos membros inferiores. O instrumento padrão ouro para analisar a força nos membros inferiores é de alto custo, logo, os saltos unilaterais podem ser utilizados como outro método de avaliação. O objetivo deste estudo foi analisar as possíveis relações entre as assimetrias das variáveis cinéticas durante a corrida em diferentes velocidades com as assimetrias de força dos membros inferiores. Vinte e seis corredores recreacionais realizaram um protocolo para determinar a velocidade pico (VP) e no dia dos testes, correram por um minuto a 70, 80 e 90% VP, seguido da realização de seis saltos unilaterais, ambos os testes capturados utilizando um sistema de captura optoeletrônico. No último dia de avaliações, foi realizado o teste de força para membro inferior no dinamômetro isocinético com cada membro nas velocidades de 60, 180 e 300°/s. As assimetrias foram calculadas, entre membros, para todas as variáveis cinéticas. Os resultados demonstram que não houve alteração dos valores de assimetrias para força máxima vertical de reação do solo ($F_{V_{max}}$) $P = 0,97$; rigidez do centro de massa (K_{CoM}) $P = 0,19$ e; rigidez da perna (K_{perna}) $P = 0,49$) durante a corrida e para pico de torque (PT) na fase concêntrica de extensão de joelhos (ExJ) $P = 0,50$; PT na fase concêntrica de flexão de joelhos (FleJ) $P = 0,16$; PT ExJ/FleJ: $P = 0,20$; trabalho ExJ: $P = 0,54$; trabalho FleJ: $P = 0,58$; trabalho ExJ/FleJ: $P = 0,36$) na dinamometria. As AMI da força máxima vertical de reação do solo dos saltos e da K_{perna} nas velocidades de 70 e 90% da VP apresentam correlação significativa e moderada ($\rho = 0,59$ [0,26; 0,79] e $\rho = 0,46$ [0,08; 0,71], respectivamente). Conclui-se que as assimetrias das variáveis cinéticas da corrida e do dinamômetro isocinético não são alteradas devido a mudanças na velocidade e, as assimetrias do teste de salto unilateral possui correlação moderada com a assimetrias em variáveis cinéticas da corrida.

Palavras-chave: desequilíbrios musculares, dinamômetro isocinético, testes funcionais, velocidade.

Abstract

Asymmetries in kinetic variables in running may be related to differences in the muscular strength between the lower limbs. The gold standard instrument for measuring strength in the lower limbs is of high cost, therefore, unilateral jumps could be used as an alternative method of assessment. The purpose of this study was to analyze the possible relationships between the asymmetries in kinetic variables during running at different speeds with asymmetries in strength of the lower limbs and with asymmetries during jumps. Twenty-six recreational runners performed a protocol to determine their peak speed (VP) and on the second day of the tests, they ran for one minute at 70, 80 and 90% VP, followed by six unilateral jumps, both tests captured using an optoelectronic system. On the last day of tests, the strength test for the knees was performed on an isokinetic dynamometer with each limb at speeds of 60, 180 and 300°/s. Asymmetries were calculated, between limbs, for all kinetic variables. The results show that there was no change in the asymmetries for maximum vertical ground reaction force ($vGRF_{max}$) $P = 0.97$; stiffness of the center of mass (K_{CoM}) $P = 0.19$ and; leg stiffness (leg $P = 0.49$) during running and for peak torque (PT) in the concentric phase of knee extension (ExJ) $P = 0.50$; PT in the concentric phase of knee flexion (FleJ) $P = 0.16$; PT ExJ /FleJ: $P = 0.20$; work ExJ: $P = 0.54$; TR FleJ: $P = 0.58$; TR ExJ /FleJ: $P = 0.36$) in dynamometry. Asymmetries in $vGRF_{max}$ of the jumps and the K_{leg} at speeds of 70 and 90% of VP had a significant and moderate correlation ($\rho = 0.59$ [0.26; 0.79] and $\rho = 0.46$ [0.08; 0.71], respectively). It is concluded that asymmetries in kinetic variables during running and in maximum strength are not affected due to changes in speed. Also, asymmetries in unilateral jump tests have a moderate correlation with asymmetries in kinetic variables of running.

Keywords: functional tests, isokinetic dynamometer, muscle imbalances, speed.

3.2.1 Introdução

As assimetrias entre membros inferiores (AMI) são desequilíbrios quando comparado um membro ao outro durante uma determinada tarefa (FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010)□. Esses desequilíbrios podem se apresentar tanto em variáveis cinéticas quanto em cinemáticas e, podem estar relacionados negativamente à eficiência mecânica dependendo da condição a ser analisada (HAMILL; BATES; KNUTZEN, 1984). Por exemplo, Hamill, Bates e Knutzen (1984) apresentam que durante a corrida há baixo grau de assimetrias na força vertical de reação do solo em adultos saudáveis e, essas estariam mais relacionadas a quadros patológicos (SADEGHI; ALLARD; FRANÇOIS, 1990)□. De acordo com Rumpf et al. (2014), essas diferenças durante a corrida podem ser consideradas comuns para jovens do sexo masculino com idades de 10 a 15 anos. Segundo Carpes, Mora e Faria (2010), essas AMI podem sofrer alterações devido a velocidade na corrida, mas, contraponto esses resultados, para Furlong e Egginton (2018)□, as AMI em algumas variáveis não se alteraram com o aumento ou diminuição da velocidade preferida em 20%, permanecendo em aproximadamente 9%.

As assimetrias também podem estar relacionadas a desequilíbrios na força muscular. A força muscular dos membros inferiores interfere em toda a biomecânica da corrida e esta pode ser alterada pela fadiga e por lesões (DA SILVA; FRAGA; GONÇALVES, 2007; KUHMAN et al., 2016; RADZAK et al., 2017)□. Knapik et al (1991)□ apresentaram que AMI maiores que 15% na musculatura isquiotibial na velocidade de 180°/s já foram relacionadas às lesões de atletas femininas de diversas modalidades esportivas. Outras análises de dinamometria evidenciam assimetrias na força da musculatura isquiotibial em maiores velocidades angulares (240°/s, DELLAGRANA et al., 2015)□, dessa forma, é plausível que assimetrias de força muscular de membros inferiores poderiam estar relacionadas com as assimetrias na rigidez da perna durante a corrida (K_{perna})□. A K_{perna} pode ser definida como a complacência do membro inferior durante o momento de contato com o solo (SILDER; BESIER; DELP, 2015). A produção inadequada de força pela musculatura dos membros inferiores pode comprometer os valores de K_{perna} , pois durante a corrida essa musculatura possui a função de desacelerar o movimento, principalmente os isquiotibiais que recebem as mais altas cargas excêntricas

(ERNLUND; VIEIRA, 2017) □. Assim, a dinamometria pode ser utilizada também como uma forma de detectar assimetrias na K_{perna} .

O instrumento mais conceituado para a detecção de assimetrias na força em membros inferiores é o dinamômetro eletromecânico isocinético (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001) □. Esse instrumento pode fornecer medidas diretas e indiretas unilaterais de torque, potência e trabalho total para os movimentos nos três planos/eixos (separadamente), incluindo o movimento de extensão e flexão de joelhos. Essa análise permitiria compreender se possíveis assimetrias em variáveis biomecânicas durante a corrida estariam relacionadas com desequilíbrios musculares. Entretanto, é necessário um alto custo financeiro para a aquisição do equipamento.

Outro método que pode auxiliar na compreensão da relação da corrida com valores de força, bem como para suas assimetrias, são avaliações por meio de testes funcionais. Esses testes podem ser facilmente aplicados e já possuem relevância clínica (WILLSON; DAVIS, 2008) □. A aplicação dos testes funcionais (saltos unilaterais) possibilitaria o entendimento/identificação de características comuns com a corrida e, poderiam auxiliar na identificação de maneira mais simplificada das AMI, colaborando para a melhora do desempenho, ou, em algumas situações, até auxiliar na prevenção de lesões. Assim, uma escolha adequada para indicar possíveis assimetrias na K_{perna} durante a corrida seria por meio dos testes funcionais específicos, que podem se assemelhar a movimentos da corrida, e já são utilizados em corredores como uma forma de avaliação de dor (WILLSON; DAVIS, 2008) □. No entanto, até o momento, poucos estudos relacionam as AMI dos valores de força e rigidez obtidos na corrida e durante testes de força máxima e funcionais.

Desse modo, o presente estudo teve por objetivo analisar a correlação das assimetrias nas variáveis cinéticas da corrida com as assimetrias da dinamometria isocinética e com as assimetrias das variáveis cinética dos testes funcionais de saltos unilaterais.

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Participantes

Participaram deste estudo um total de 26 corredores recreacionais do sexo masculino, com idade de 18 a 40 anos, volume de treino igual ou maior que 30 quilômetros por semana, no mínimo os últimos 6 meses de prática e sem lesões neuromusculares ou alterações cardiorrespiratórias que os impossibilitassem ou interferissem nas avaliações.

Foram excluídos do estudo os participantes que não atenderam a algum dos critérios de inclusão. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina sob o parecer número 2.914.957 (CAAE: 97002818.8.0000.5231).

3.2.2.2 Aleatorização dos dias de coleta

O protocolo envolveu três dias de avaliações, sendo que os dias da determinação da velocidade pico (VP) e para o teste de força de membro inferiores no dinamômetro isocinético foram aleatorizados. O teste de corrida em esteira sempre ocorreu posteriormente ao teste da VP, pois esse era dependente dos valores obtidos da VP para que fossem calculadas as velocidades relativas de 70, 80 e 90% da VP.

3.2.2.3 Determinação da velocidade pico

Os participantes realizaram um protocolo incremental de velocidade máxima em esteira (modelo: Imbramed KT – 10200 ATL). Antes do protocolo incremental de velocidade máxima houve um aquecimento de cinco minutos na velocidade de 5 km/h, em seguida o protocolo incremental se iniciou na velocidade de 9 km/h com acréscimo de um km/h a cada minuto posterior (PESERICO; ZAGATTO; MACHADO, 2014)[□]. O teste foi interrompido quando o participante atingiu a exaustão e, para determinar a velocidade máxima, foi considerada a VP proposta pela equação 8 de Kuiper et al. (2003):

$$VP = V_{completa} + (Inc \cdot t/T)$$

Equação 8 – Cálculo da Velocidade Pico (VP), onde $V_{completa}$ representa a velocidade do último estágio completo, Inc é o incremento fixo do teste (1 km/h), t o tempo (em segundos) no estágio incompleto e, T representa o tempo (em segundos) necessário para completar cada estágio.

3.2.2.4 Coleta de dados

3.2.2.4.1 Captura cinemática e modelamento corporal

Para aquisição das variáveis cinemáticas durante a corrida foi utilizado o sistema de captura optoeletrônica da *Optitrack® - Optical Motion Capture Solutions*, composto por sete câmeras modelo *Prime 13* com frequência de aquisição de 200 Hz. O modelo corporal utilizado durante os testes de corrida e saltos unilaterais foi o de De Leva (1996)[□] composto por 18 marcadores. Para o cálculo do frame de contato do pé com o solo foram adicionados quatro marcadores nas espinhas ilíacas anterossuperiores (EIAS) e posterossuperiores (EIPS) direita e esquerda.

3.2.2.4.2 Testes de corrida em esteira

No dia seguinte de coleta (após 48h) os participantes realizaram dois aquecimentos, o primeiro envolvendo uma caminhada leve na velocidade de 5 km/h e o segundo, uma corrida por três minutos a 50% da VP. Em seguida, os participantes realizaram o teste de corrida em 70, 80 e 90% da VP, de forma aleatorizada. A coleta dos dados teve duração total de três minutos, sendo um minuto para cada percentual da VP (70, 80 e 90% da VP). Após o teste, todos os participantes realizaram mais três minutos de caminhada a 5 km/h.

3.2.2.4.3 Saltos verticais unilaterais

A força de reação do solo dos participantes ao realizarem os saltos unilaterais ($F_{v_{max}S}$) foi obtida como o produto entre a aceleração vertical do CoM e a massa do participante. Para a aquisição dos dados dos saltos unilaterais foi utilizado o mesmo sistema de captura optoeletrônica.

O protocolo envolveu dois aquecimentos, consistindo em uma caminhada de três minutos a 5 km/h e em seguida um específico de oito agachamentos livres. Em seguida, os testes funcionais consistiram de seis saltos unilaterais com contramovimento, ambos até uma flexão de joelho de no mínimo 50°, limites definidos pelo próprio participante e com o início do movimento instruído pelos avaliadores (WILLSON; DAVIS, 2008)[□]. Os testes foram realizados aleatoriamente quanto ao hemicorpo (direito/ esquerdo). Para os saltos unilaterais, foi padronizada a instrução verbal como “salte o mais alto possível” (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999)[□].

3.2.2.4.4 Teste de força de membros inferiores

No último/primeiro dia de avaliações foi realizada a avaliação de força no dinamômetro isocinético utilizando o módulo concêntrico-concêntrico (TERRERI; GREVE; AMATUZZI, 2001)[□]. Essa ocorreu com os participantes sentados. Foram realizados ajustes da cadeira a fim de garantir que o eixo de rotação do dinamômetro estivesse alinhado com o eixo de rotação da articulação tibiofemoral. Durante a realização do protocolo, os participantes foram familiarizados com cada velocidade (60, 180 e 300°/s) antes da aquisição dos dados e as velocidades foram aleatorizadas. Após a familiarização foram realizados cinco movimentos para cada fase e velocidade.

3.2.2.5 Análise dos dados

Os dados cinemáticos foram processados no programa *MotiveBody* v.1.0 para a reformatação dos arquivos, possibilitando o uso em outros. O *gap fillings* dos dados foram preenchidos em até 50 frames e foram interpolados pelo modelo de *spline* cúbico. Em seguida, foi optado pela utilização do programa *Matlab* (*R2016a; MathWorks, Natick, USA*) para o processamento. Os dados cinemáticos foram filtrados (WINTER, 2005)[□] a 8 Hz e foram considerados para as análises 10 passos de cada lado iniciados a partir dos 30-35 segundos do estágio.

Para os dados da corrida foram calculados o tempo de contato do pé (T_c) com o solo, o tempo de voo ou duração da fase aérea (T_v), o valor vertical mínimo do

centro de massa (M_{CoM}) e o deslocamento vertical do centro de massa ($DvCoM$), sendo todas verificadas para cada passo. O momento de contato do pé com o solo foi definido como o frame com a maior velocidade vertical descendente do CoM da pelve (MILNER; PAQUETTE, 2015)[□], sendo esse calculado a partir dos marcador das espinhas ilíacas póstero e anterossuperiores (V3D COMPOSITE PELVIS, 2016); e o momento de saída como sendo a maior distância entre os marcadores do trocânter maior do fêmur (modificado para CoM da pelve) e da base do hálux (adaptado da epífise distal do segundo metatarso) (SMITH et al., 2015)[□]. Para determinar o $DvCoM$, foi considerada a diferença entre o valor da coordenada vertical do CoM no momento do contato do pé com o solo e o M_{CoM} e durante a corrida para cada passo. Foram calculadas também durante a corrida a rigidez vertical do CoM (K_{CoM} , BOBBERT; SCHAMHARDT; NIGG, 1991; PAVEI et al., 2017), a rigidez da perna (K_{perna} , GIRARD et al., 2017)[□] e a força de reação do solo (F_{Vmax} , MORIN et al., 2005)[□].

Os dados do dinamômetro isocinético foram filtrados a 20 Hz e foram analisados os valores de pico de torque (PT) da musculatura agonista de extensores de joelho na fase concêntrica (ExJ), pico de torque da musculatura agonista de flexores de joelho (FleJ), trabalho em ambas as fases e a relação de agonista/antagonista, bem como as assimetrias quando aos lados não dominante (ND) e dominante (D). Para todas as variáveis anteriores foi considerada a média da 2ª a 4ª repetição dos cinco movimentos para cada velocidade.

Para os saltos foi analisada a F_{VmaxS} e a rigidez da perna durante os saltos (K_{pernaS} , BEERSE; WU, 2016), adaptado conforme apresentado no **Apêndice C**[□].

Por meio dos valores de cada variável de cada membro, foi calculada a assimetria entre esses membros inferiores (AMI) ao aplicar os valores na equação 9 (adaptado de BISHOP et al, 2018).:

$$AMI = |(V_{eMe}/V_{eMa})-1| \cdot 100$$

Equação 9 – Cálculo da assimetria entre membros inferiores (AMI), V_{eMe} representa o menor valor entre os membros e, V_{eMa} o maior valor entre os membros.

3.2.2.6 Análises estatísticas

A normalidade de todas as variáveis foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para a comparação entre as AMI da corrida e do dinamômetro isocinético nas diferentes velocidades, foi optado pela ANOVA de medidas repetidas, pois essa suporta distribuição não normal dos dados (BATHKE, 2004), aceitando as variáveis que não atenderem ao primeiro pressuposto citado. A esfericidade dos dados foi verificada por meio do teste de Mauchly. Para as variáveis que violaram o pressuposto de esfericidade, foi utilizada a correção de *Greenhouse-Geisser*. Para analisar qual velocidade difere das demais para a determinada variável foi optado pelo *post hoc* de Bonferroni (DANCEY, CHRISTINE P.; REIDY, 2006)[□]. O *effect-size* (ES) das diferenças estatisticamente significantes entre as variáveis no teste da ANOVA de medidas foi verificado por meio do Partial Ômega Squared (ω^2_p , KEPPEL; WICKENS, 2004). O ES para esse teste teve sua magnitude interpretada como pequeno (0,01-0,06), médio (0,06-0,14) ou grande efeito (> 0,14) (FIELD, 2013).

Para analisar a relação entre as AMI das variáveis cinéticas da corrida e dos saltos unilaterais, bem como as AMI das variáveis cinéticas obtidas no dinamômetro isocinético, foi realizada a análise de correlação bivariada. Como algumas das variáveis não atenderam ao pressuposto de normalidade definido pelo teste de *Shapiro-Wilk*, foi optado por utilizar para todas as correlações o coeficiente de correlação de postos de *Spearman* (*rho*). A correlação para este estudo foi classificada como 1.0 indicando correlação perfeita; $.99 \geq e \leq .70$ indicando uma forte correlação; $.69 \geq e \leq .40$ indicando uma moderada correlação e $\leq .39$ indicando uma pequena correlação (DANCEY, CHRISTINE P.; REIDY, 2006). Dessa forma, foram apresentados os $rho \geq 0,40$ e que fossem estatisticamente significantes ($P < 0,05$).

Para a comparação entre os membros ND e D, inicialmente, foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para analisar a normalidade dos dados e, devido a algumas variáveis violarem o pressuposto da normalidade, foi optado pelo teste não paramétrico (*Wilcoxon*). O ES adotado para esse teste foi o *r* (COOPER; HEDGES; VALENTINE, 2009) e, esse será interpretado por sua magnitude como pequeno (0,1 a 0,3), moderado (0,3 a 0,5) e grande efeito (>0,5) (COHEN, 1988).

Para este estudo foi adotado α de 5% \square . Todos os dados foram analisados utilizando o pacote estatístico *SPSS* (v.25), *MedCalc* (v.19.1.5) e *Matlab* (R2016a; *MathWorks, Natick, USA*).

3.2.3 Resultados

Na tabela 6 são apresentados os valores das assimetrias das variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% da VP. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes quando comparadas as AMI nas diferentes velocidades. Para as comparações das variáveis $F_{V_{max}}$, K_{CoM} e K_{perna} , foram encontrados respectivamente, $P = 0,97$, $P = 0,19$ e $P = 0,49$.

Tabela 6 – Dados descritivos das AMI das variáveis obtidas durante a corrida de corredores recreacionais a 70, 80 e 90% da velocidade pico.

Variável	AMI 70%	AMI 80%	AMI 90%
	Md (25-75%) [IC 95%]	Md (25-75%) [IC 95%]	Md (25-75%) [IC 95%]
$F_{V_{max}}$ (%)	1,80 (0,80-3,00) [0,85;2,74]	2,05 (1,20-3,60) [1,40;2,70]	1,50 (0,80-3,10) [1,10;2,08]
K_{CoM} (%)	8,25 (4,50-12,20) [5,16;9,95]	7,35 (3,60-12,50) [4,53;12,10]	5,50 (3,20-8,90) [3,30;7,84]
K_{perna} (%)	5,90 (3,80-9,30) [4,31;8,99]	5,05 (2,80-8,60) [3,30;7,88]	4,15 (1,80-8,30) [3,15;6,56]

AMI: assimetria de membro inferior; Md: mediana; IC: intervalo de confiança; $F_{V_{max}}$: força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM} : rigidez vertical do CoM na corrida; K_{perna} : rigidez da perna na corrida.

Fonte: o próprio autor.

A tabela 7 apresenta as AMI para a mediana dos PT e TR nas fases ExJ e FleJ e, a relação ExJ/FleJ do PT e do TR nas velocidades de 60, 180 e 300°/s. Foram comparadas as AMI apresentadas pelas variáveis nas três velocidades citadas e, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, com $P = 0,50$, $P = 0,16$ e $P = 0,20$, respectivamente as variáveis PT ExJ, PT FleJ e PT ExJ/FleJ. Para as comparações das AMI das variáveis TR ExJ, TR FleJ e TR ExJ/FleJ nas diferentes velocidades, foi encontrado $P = 0,54$, $P = 0,58$ e $P = 0,36$, respectivamente.

Tabela 7 - Dados descritivos das AMI das variáveis obtidas durante dinamometria isocinética.

Variável	60°/s	180°/s	300°/s
	Md (25-75%) [IC 95%]	Md (25-75%) [IC 95%]	Md (25-75%) [IC 95%]
AMI PT ExJ (%)	7,25 (4,60;10,30) [4,97;9,17]	6,15 (1,00;11,50) [3,79;9,63]	7,05 (4,10;13,80) [5,00;12,33]
AMI PT FleJ (%)	5,20 (2,10;11,40) [2,75;11,14]	10,90 (6,00;16,90) [8,40;15,46]	9,40 (3,50;18,10) [3,55;13,99]
AMI PT ExJ/FleJ (%)	6,80 (4,20;16,20) [4,40; 14,07]	10,85 (6,70;17,80) [7,89;16,13]	11,15 (7,20;18,20) [7,90;17,05]
AMI Trabalho ExJ (%)	10,25 (7,80;15,70) [8,06;14,85]	7,65 (2,80;12,30) [3,29;10,69]	8,85 (3,80;15,90) [4,21;14,21]
AMI Trabalho FleJ (%)	8,80 (4,50;11,90) [5,26;11,46]	10,65 (5,10;21,50) [7,89;20,49]	10,15 (3,00;18,60) [4,79;17,53]
AMI Trabalho ExJ/FleJ (%)	11,20 (3,90;16,80) [8,03;15,60]	9,20 (4,00;17,50) [6,47;15,11]	15,05 (7,40;20,80) [7,50;20,21]

AMI: assimetria de membro inferior; Md: mediana; IC: intervalo de confiança; PT: média do pico de torque; ExJ: fase concêntrica da extensão de joelhos; FleJ: fase concêntrica da flexão de joelhos.

Fonte: o próprio autor.

Na tabela 8 estão expostos os dados descritivos das variáveis cinéticas nos saltos unilaterais.

Tabela 8 – Dados descritivos das AMI das variáveis cinéticas dos saltos unilaterais.

Variável	
Md (25-75%) [IC 95%]	
Fv_{max}S (%)	K_{perna}S (%)
7,55 (5,09-10,97) [5,84;9,99]	8,45 (4,04-15,77) [4,73;15,02]

Md: mediana; IC: intervalo de confiança; Fv_{max}S: força máxima vertical de reação do solo nos saltos unilaterais; K_{perna}S: rigidez da perna nos saltos unilaterais. **Fonte:** o próprio autor.

A Figura 5 apresenta a comparação das variáveis da corrida entre os membros D e N. Na variável Fv_{max}, o membro D apresentou maior valores quando comparado ao membro ND em todas as velocidades, sendo $P < 0,01$ com ES ($r = 0,12$, $P = 0,04$ com $r = 0,04$ e, $P = 0,02$ com $r = 0,01$, respectivamente as velocidades de 70, 80 e 90% VP. Para a variável K_{CoM} o membro D apresentou menor valor em comparação ao ND apenas na maior velocidade analisada (90% VP, $P = 0,03$ e $r = 0,08$) e, para K_{perna}, o membro D apresentou maior valor quando comparado ao ND apenas na velocidade de 70% VP ($P = 0,03$ e $r = 0,15$).

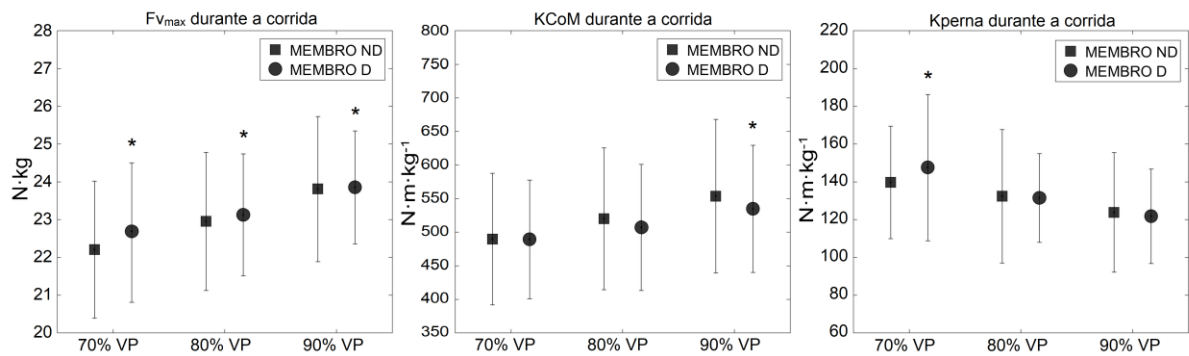


Figura 5 – Média e DP das variáveis cinéticas da corrida entre os membros D e ND. F_{vmax}: força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM}: rigidez vertical do CoM; K_{perna}: rigidez da perna durante a corrida; *: diferença entre membros estatisticamente significativa.

Na Figura 6 são apresentadas as variáveis obtidas por meio da dinamometria isocinética e, somente para a variável TR FleJ a 180°/s o membro D apresentou valores estatisticamente superiores ao membro ND ($P = 0,03$ e $r = 0,13$). As comparações entre os membros foram realizadas para as variáveis F_{vmax}S e K_{perna}S e não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes.

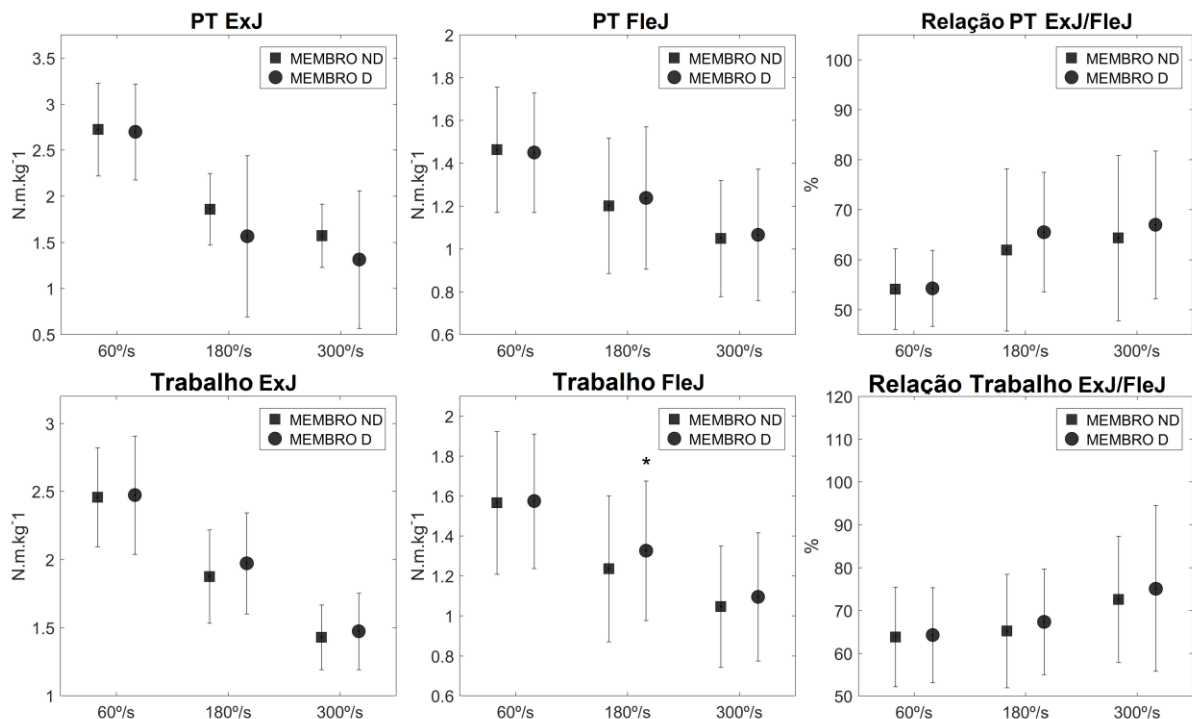


Figura 6 – Comparação das variáveis cinéticas do dinamômetro entre os membros D e ND. PT: média do pico de torque; ExJ: fase concêntrica de extensão de joelho; FleJ: fase concêntrica de flexão de joelho; *: diferença entre membros estatisticamente significativa.

Na tabela 9 estão expostos os coeficientes de correlação de postos de Spearman entre as AMI das variáveis cinéticas obtidas durante a corrida na velocidade em 70, 80 e 90% VP e as AMI das variáveis obtidas durante a dinamometria isocinética na velocidade de 60, 180 e 300°/s, respectivamente. Foram

encontradas correlações estatisticamente significante $\geq 0,40$ entre a AMI da K_{perna} a 80% VP e a AMI do trabalho ExJ 180°/s e do PT ExJ a 180°/s ($P = 0,00$ e $P = 0,02$, respectivamente).

Tabela 9 – Coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as AMI obtidas por dinamometria isocinética a 60, 180 e 300°/s e as AMI das variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP.

Variável	ρ [IC 95%]		
	Fv_{max}	KCoM	K_{perna}
		70% VP	
AMI PT ExJ	-0,15 [-0,51;0,24]	-0,06 [-0,43;0,33]	-0,25 [-0,58;0,15]
AMI PT FleJ	-0,25 [-0,58;0,15]	-0,13 [-0,48;0,27]	-0,03 [-0,41;0,36]
AMI PT ExJ/FleJ	0,33 [-0,06;0,63]	-0,03 [-0,41;0,35]	0,17 [-0,23;0,52]
AMI Trabalho ExJ	-0,12 [-0,48;0,28]	0,18 [-0,22;0,52]	-0,27 [-0,59;0,13]
AMI Trabalho FleJ	-0,05 [-0,42;0,34]	0,13 [-0,28;0,48]	0,04 [-0,35;0,42]
AMI Trabalho ExJ/FleJ	0,01 [-0,37;0,39]	-0,05 [-0,42;0,34]	-0,03 [-0,41;0,36]
		80% VP	
AMI PT ExJ	-0,16 [-0,51;0,24]	0,06 [-0,33;0,43]	-0,43 [-0,70;-0,05]
AMI PT FleJ	-0,03 [-0,41;0,36]	0,07 [-0,32;0,44]	-0,23 [-0,56;0,17]
AMI PT ExJ/FleJ	0,39 [-0,04;0,67]	0,03 [-0,36;0,41]	0,13 [-0,27;0,49]
AMI Trabalho ExJ	0,03 [-0,36;0,41]	0,03 [-0,36;0,41]	-0,55 [-0,77;-0,20]
AMI Trabalho FleJ	0,04 [-0,35;0,42]	0,15 [-0,25;0,50]	-0,28 [-0,60;0,12]
AMI Trabalho ExJ/FleJ	0,28 [-0,12;0,60]	0,15 [-0,25;0,50]	0,06 [-0,33;0,43]
		90% VP	
AMI PT ExJ	-0,16 [-0,51;0,24]	-0,38 [-0,66;0,00]	-0,39 [-0,67;0,00]
AMI PT FleJ	0,06 [-0,33;0,43]	-0,21 [-0,55;0,19]	0,23 [-0,17;0,55]
AMI PT ExJ/FleJ	0,19 [-0,21;0,53]	0,01 [-0,37;0,39]	0,03 [-0,36;0,41]
AMI Trabalho ExJ	-0,09 [-0,46;0,30]	0,04 [-0,35;0,42]	-0,28 [-0,60;0,12]
AMI Trabalho FleJ	0,03 [-0,36;0,41]	-0,11 [-0,47;0,28]	-0,02 [-0,40;0,37]
AMI Trabalho ExJ/FleJ	-0,14 [-0,50;0,26]	0,03 [-0,36;0,41]	-0,09 [-0,46;0,30]

AMI: assimetria de membro inferior; Md: mediana; IC: intervalo de confiança; Fv_{max} : força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM} : rigidez vertical do CoM; K_{perna} : rigidez da perna; PT: média do pico de torque; ExJ: fase concêntrica da extensão de joelhos; FleJ: fase concêntrica da flexão de joelhos.
Fonte: o próprio autor.

A tabela 10 apresenta os coeficientes de Spearman entre as AMI das variáveis cinética da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP e as AMI das variáveis cinéticas obtidas durante os saltos unilaterais. Foram encontradas correlações estatisticamente significantes iguais ou maiores 0,40 entre as AMI da variável $F_{V_{max}S}$ com as AMI da $F_{V_{max}}$ a 70% VP ($P = 0,02$) e, as AMI da $F_{V_{max}S}$ com as AMI das variáveis K_{perna} a 70 e 90% VP ($P = 0,00$ e $P = 0,01$, respectivamente).

Tabela 10 – Coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ) entre as AMI das variáveis cinéticas da corrida nas velocidades de 70, 80 e 90% VP e as AMI dos saltos unilaterais.

Variável		ρ	
		IC 95%	
		$F_{V_{max}S}$	K_{pernaS}
$F_{V_{max}}$	70% VP	0,44 [0,06;0,70]	-0,08 [-0,45;0,31]
	80% VP	-0,08 [-0,45;0,31]	-0,09 [-0,46;0,30]
	90% VP	0,17 [-0,23;0,52]	0,35 [-0,04;0,64]
K_{CoM}	70% VP	0,34 [-0,05;0,64]	-0,07 [-0,44;0,32]
	80% VP	0,03 [-0,36;0,41]	-0,11 [-0,47;0,28]
	90% VP	-0,15 [-0,50;0,25]	0,02 [-0,37;0,40]
K_{perna}	70% VP	0,59 [0,26;0,79]	-0,16 [-0,51;0,24]
	80% VP	0,37 [-0,02;0,66]	-0,23 [-0,56;0,17]
	90% VP	0,46 [0,08;0,71]	0,02 [-0,37;0,40]

AMI: assimetria de membro inferior; Md: mediana; IC: intervalo de confiança; $F_{V_{max}}$: força máxima vertical de reação do solo; K_{CoM} : rigidez vertical do CoM; K_{perna} : rigidez da perna; $F_{V_{max}S}$: força máxima vertical de reação do solo para salto unilateral e; K_{pernaS} : rigidez da perna para os saltos unilaterais. **Fonte:** o próprio autor.

3.2.4 Discussão

O objetivo deste estudo foi analisar as alterações causadas pela velocidade da corrida nas AMI das variáveis cinéticas e na dinamometria isocinética em diferentes velocidades. O presente estudo apresenta como um de seus diferenciais em relação à literatura (ARAMPATZIS; BRÜGGEMANN; METZLER, 1999; KING; McCARTNEY; TRIHY, 2019)□, a utilização de velocidades individualizadas, assim, aproximando a demanda fisiológica dos corredores para cada velocidade relativa (70, 80 e 90% VP). As medidas de AMI das variáveis cinéticas da corrida apresentadas neste estudo não se alteraram devido ao aumento da velocidade e, esses resultados são semelhantes com outros estudos da literatura (FURLONG; EGGINTON, 2018; GIRARD et al., 2017). Os principais achados do presente estudo foram que as AMI da K_{perna} a 80% VP possuem correlação moderada com as AMI das variáveis cinéticas PT e TR ExJ a 180°/s, enquanto as AMI da variável $F_{Vmax}S$ apresentou uma correlação moderada com as AMI da K_{perna} a 70 e 90% da VP.

A variável F_{Vmax} apresentou valor mínimo de 1,50% (0,80-3,10) e máximo de 2,05% (1,20-3,60) de AMI entre as três velocidades analisadas, sendo estes valores semelhantes aos apresentados por Girard et al. (2017). Nesse estudo foi observado $2,5 \pm 1,3\%$ de F_{Vmax} em cinco sprints e, mesmo o método utilizado para obtenção da variável sendo diferente (os autores utilizaram uma esteira instrumentada) os resultados são bem próximos aos deste estudo. No estudo de Furlong e Egginton (2018), os pesquisadores analisaram as alterações entre a velocidade preferida ($3,1 \pm 0,6$ m/s) e em velocidades maiores ($3,7 \pm 0,7$) m/s e menores ($2,5 \pm 0,5$ m/s) em 20% da velocidade preferida. Os resultados de Furlong e Egginton para as três velocidades analisadas (AMI na velocidade preferida: $3 \pm 4,8\%$, + 20% da velocidade preferida $2 \pm 5,4\%$ e -20% da velocidade preferida $-1 \pm 7\%$) também são semelhantes aos apresentados neste estudo, embora as velocidades do presente estudo sejam maiores. Contudo, os autores utilizaram um cálculo de AMI baseados em membros preferidos e não preferidos. Dessa forma, seus resultados apresentam valores positivos e negativos, os quais se aproximam de zero no cálculo da média. Possivelmente os valores de AMI (absolutos) deveriam ser superiores aos apresentados por Furlong e Egginton (2018). A partir do apresentado, pode-se assumir que a variável F_{Vmax} apresenta baixos valores de AMI e, em velocidades próximas a de treino, essa variável apresenta menor AMI devido a própria simetria

do gesto motor e na função neuromuscular não comprometida de corredores do sexo masculino sem lesão.

Para as variáveis K_{CoM} e K_{perna} , os valores de AMI apresentados pelo estudo de Girard et al. (2017) foram de $6,4 \pm 4,9\%$ e $7,6 \pm 3,6\%$, respectivamente, enquanto que para este estudo os maiores valores apresentados foram de $K_{CoM} = 8,25\%$ (4,50-12,20) e $K_{perna} = 5,90\%$ (3,80-9,30), sendo esses obtidos na menor velocidades analisada. Ainda, quando verificada a diminuição das AMI com o aumento da velocidades para essas variáveis, esses contradizem com a revisão de Carpes, Mota e Faria (2010), que sugeriu que os valores de AMI diminuiriam com o aumento da velocidade. Outro estudo apresentou resultados semelhantes ao presente, sendo o de Pappas, Paradisis e Vagenas (2015). Nesse estudo os autores analisaram as AMI de inúmeras variáveis cinéticas e cinemáticas da corrida (a 4,44 m/s) quanto aos membros D e ND. Entre essas, a K_{CoM} e a K_{perna} obtiveram valores muito próximos aos do presente estudo, sendo $5,59\% \pm 3,93$ e $6,38\% \pm 4,43$, apesar dos métodos de obtenção do T_c e do T_v (variáveis também utilizadas para o cálculo das variáveis cinéticas) divergirem. Assim, apesar da K_{CoM} e K_{perna} apresentarem valores de AMI superiores aos de FV_{max} , os mesmos ainda podem ser considerados baixos.

Na comparação entre os membros ND e D, para a variável Fv_{max} , em todas as velocidades o membro D apresentou valores significativamente maiores, mesmo com o ES pequeno para todas as velocidades ($r < 0,20$). Esse resultado é semelhante ao apresentado pelo estudo de Pappas, Paradisis e Vagenas (2015). Nesse mesmo estudo (que analisou todos os corredores em uma velocidade correspondente a 80% da máxima) não foram encontradas diferenças entre os membros para as variáveis K_{CoM} e K_{perna} . Esse resultado confirma do presente estudo, visto que para essas variáveis na velocidade de 80% VP foram encontrados os mesmos resultados. Os resultados para as velocidades de 70 e 90% VP sugerem que as diferenças entre os membros para a K_{CoM} são evidenciadas na maior velocidade, visto que nas velocidades de 70 e 80% VP não houve essa diferença, apesar do ES para essas comparações ser pequeno ($r = 0,08$ e $r = 0,15$, respectivamente). Para a K_{perna} as diferenças se manifestam na menor velocidade, pois nas velocidades de 80 e 90% VP não foram encontradas diferenças. Assim, a partir do apresentado, torna-se questionável a comparação dos membros para as variáveis cinéticas da corrida. Enquanto a comparação realizada pelo teste de *Wilcoxon* foi sensível o suficiente

para apontar diferenças significantes entre os membros, o valor de AMI apresentado é baixo e, não necessariamente uma diferença importante entre os membros representa uma grande AMI.

Para a variável PT na fase ExJ a 60°/s, o valor de AMI foi de 7,25 (4,60-10,30) e, na mesma velocidade para a fase FleJ foi de 5,20 (2,10-11,40). O estudo de Dellagrana et al. (2015) apresentou, respectivamente, valores de 5,58% e 4,16% para a mesma velocidade. Apesar dos valores serem próximos, não foram apresentados os DP e, esse estudo também realizou os cálculos das AMI baseado entre os membros preferido e não preferido e, semelhante ao apresentado anteriormente para as variáveis da corrida, isso direciona os valores a permanecerem próximos a zero, uma vez em que são apresentados valores positivos e negativos. Para as demais velocidades analisadas no presente estudo (180 e 300°/s) não é possível a comparação, uma vez que a velocidade apresentada pelos autores é intermediária a essas (240°/s). Contudo, para a velocidade apresentada os valores de AMI foram em média de 2,95% para a fase ExJ e 8,99% para a fase FleJ. Os valores de AMI apresentados por este estudo para as variáveis cinéticas do dinamômetro são próximos aos apresentados pela literatura (DELLAGRANA et al., 2015). Dessa forma, pode-se assumir que para testes com velocidades de até 300°/s, uma única velocidade seria capaz de apresentar os valores de AMI para as variáveis PT e trabalho. O estudo de Siqueira et al. (2002) avaliou os valores do PT para as fases ExJ e FleJ a 60 e 240°/s de indivíduos sedentários, saltadores e corredores. Nesse estudo, os corredores não apresentaram diferença entre os membros nas duas velocidades e fases. Para a variável PT nas fases ExJ, FleJ e na relação ExJ/FleJ em todas as velocidades analisadas o resultado desse autor é semelhante ao presente estudo, contudo, para o trabalho a 180°/s na fase FleJ, o membro D apresentou valores estatisticamente maiores que o membro ND. Esses resultados podem ser devido a Siqueira et al. (2002) ter avaliado o trabalho total, enquanto o presente estudo considerou a média dos valores para as três repetições centrais e, semelhante a comparação das variáveis cinéticas da corrida, essa diferença significativa não representa necessariamente um grande valor de AMI, sobretudo devido ao ES da comparação ser pequeno ($r= 0,13$). Dessa forma, praticantes de corrida recreacional, que não apresentem comprometimento neuromuscular, possivelmente não possuem elevados valores de AMI na força dos membros inferiores.

Para as correlações entre as AMI das variáveis cinéticas da corrida e as AMI das variáveis cinéticas do dinamômetro, apenas na velocidade de 180°/s do dinamômetro e a 80% VP houve correlações moderadas e negativas, sendo essas entre as AMI da K_{perna} e as AMI do trabalho e PT ExJ. Esses resultados demonstram que quanto maior o desequilíbrio na força bilateral dos extensores de joelhos, menor foram as assimetrias na K_{perna} . O teste do dinamômetro isocinético apresenta o valor de força máxima obtido com o participante em flexão de quadril e velocidade controlada, enquanto a corrida corresponde a um teste submáximo no qual a articulação do quadril atua simultaneamente em flexão e extensão (FRANZ et al., 2009). A musculatura do quadríceps é responsável pela extensão do joelho, contudo, um de seus músculos (reto femoral) é biarticular, contribuindo também para a flexão do quadril. Assim, esse músculo pode apresentar uma menor contribuição para a extensão de joelhos no dinamômetro isocinético, uma vez que o quadril permanece em flexão durante toda a realização do teste. Corroborando, o estudo de Montgomery, Pink e Perry (1994) verificou a ativação muscular dos músculos responsáveis pela flexão de quadril e flexão e extensão de joelhos durante a corrida. Segundo os autores, durante a corrida o músculo reto femoral é um dos que apresenta maior contribuição para a flexão do quadril e, na extensão de joelhos possui menor ativação muscular quando comparado aos vastos medial, lateral e intermédio. Ainda, enquanto o teste do dinamômetro isocinético foi realizado com contração concêntrica, na corrida, os extensores de joelho atuam excêntrica (HAMNER; SETH; DELP, 2010). Portanto, por mais que os valores de AMI sejam válidos (devido a ambos os membros realizarem o mesmo gesto e estarem suscetíveis as características cinéticas do gesto), a correlação negativa pode ser em razão a influência dos fatores abordados anteriormente.

Na correlação entre as AMI das variáveis cinéticas dos saltos unilaterais com as AMI das variáveis cinéticas da corrida, foram observadas correlações moderadas e positivas entre as AMI da F_{Vmax} a 70% VP e as AMI da F_{VmaxS} . Embora as variáveis analisadas sejam conceitualmente muito semelhantes, divergindo basicamente do teste, as correlações de suas AMI se apresentam apenas como moderada. Entre as AMI das F_{VmaxS} e as AMI da K_{perna} a 70 e 90% VP também foi encontrada uma correlação significativa positiva e moderada. Quando analisada essa correlação, é importante avaliar o gesto motor. A corrida e os saltos possuem diferenças na tarefa, sendo essas principalmente nos eixos anteroposterior e

vertical. Na corrida o corpo se translada constantemente no sentido anteroposterior, enquanto no salto unilateral esse componente é muito pequeno. Para o eixo vertical, o salto apresenta um pequeno componente no eixo anteroposterior e uma deformação vertical do CoM muito maior que na corrida. Apesar dessas características, o momento de contato do pé com o solo pode possuir semelhanças mecânicas entre os gestos dependendo do tipo de contato (retro, médio ou antepé). Logo, uma vez que a corrida apresenta menor magnitude de $DvCoM$ quando comparado aos saltos unilaterais, a rigidez observada é parcialmente distinta devido à natureza do próprio gesto. Assim, pode-se assumir que a correlação obtida entre as AMI da $F_{V_{max}S}$ e da K_{perna} seja apresentada devido as características dos próprios gestos. Assim, são necessários estudos futuros que utilizem de outros gestos para analisar característica da corrida e, que esses sejam ainda mais semelhantes mecanicamente.

3.2.5 Conclusão

Conclui-se que corredores recreacionais saudáveis apresentam baixo valor de AMI nas variáveis cinéticas durante a corrida. Para verificar as AMI no dinamômetro isocinético durante a extensão e flexão de joelhos em velocidades de até $300^{\circ}/s$, uma única velocidade é representativa para as variáveis PT e trabalho. A correlação entre as AMI das variáveis cinéticas da corrida com as AMI dos saltos unilaterais se apresenta como moderada devido às características dos próprios gestos, que apresentam diferentes magnitudes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao buscar analisar as alterações causadas pela velocidade nas variáveis cinéticas da corrida e suas AMI e se essas se correlacionam com a força de membros inferiores verificada por meio do método padrão ouro (dinamometria isocinética) e por um método alternativo (saltos unilaterais), esta dissertação comparou as variáveis cinéticas da corrida separadamente entre os membros ND e D em diferentes velocidades relativas.

Foi observado que as variáveis $F_{V_{max}}$ e K_{CoM} se portam como apresentado pela literatura, sendo que há o aumento decorrendo do aumento da velocidade. Isso ocorre pois o aumento da velocidade também proporciona maiores T_v o que aumenta a velocidade do CoM nos eixos vertical e horizontal (observando a partir do plano sagital) e resulta em maior $F_{V_{max}}$.

Para o K_{CoM} , o aumento em maior proporção se deve tanto ao aumento da $F_{V_{max}}$, quanto a diminuição do $DvCoM$, decorrente de um ciclo de encurtamento-alongamento muscular mais rápido. Para a K_{perna} , o comportamento foi diferente do apresentado até então pela literatura, sendo que os valores diminuíram em razão do aumento da velocidade. Esse achado se deve que, por mais que a variável $F_{V_{max}}$ tenha aumentado com o aumento da velocidade, possivelmente a deformação do membro inferior foi proporcionalmente muito maior. Portanto, praticantes recreacionais não suportam as altas cargas excêntricas da corrida em velocidades próximas a 100% da VP, pois, possivelmente possuem baixa exposição a essas durante os treinos.

Para as variáveis cinéticas obtidas pela dinamometria, não foi realizada a comparação entre o PT e o trabalho nas diferentes velocidades em razão de a velocidade de execução desse gesto já ser considerada um fator que interfere diretamente nos valores, independente do público a ser realizado.

As AMI verificadas na corrida e na dinamometria isocinética não foram diferentes em decorrência da velocidade. Isso demonstra que corredores que não possuam algum comprometimento neuromuscular possuem baixa AMI e, essas possivelmente podem ser ocasionadas devido a AMI na força, ou, ao próprio controle neuromuscular dos corredores.

A correlação apresentada entre a $F_{V_{max}}$ e as variáveis cinéticas do dinamômetro é plausível. No entanto, como os fenômenos possuem diversas

diferenças em seus gestos, seria interessante a busca por métodos que possibilitem o controle neuromuscular semelhante em dois testes (sendo um a própria corrida), para que então verifique-se uma alternativa para a complexa obtenção e análise das variáveis cinéticas da corrida.

Para a correlação entre as AMI das K_{perna} e as AMI do trabalho e PT, não é possível afirmar com exatidão o fator responsável por essa correlação ser negativa e moderada. Entretanto, o teste de dinamometria foi restrito a avaliação dos músculos extensores e flexores de joelho de forma concêntrica e, na prática da corrida há também a colaboração de diversos músculos, entre eles os flexores plantares e extensores de quadril. Assim, devido aos fatores apontados na execução dos gestos, ainda permanecem dúvidas quanto ao teste a ser utilizado futuramente que seja mais semelhante a mecânica apresentada pela corrida.

O presente estudo investigou as variáveis cinética da corrida com a utilização das velocidades relativas de cada participante. Esse método não é usualmente utilizado em outros estudos (que utilizaram velocidades fixas), entretanto, aproxima-se a demanda fisiológica dos participantes para cada velocidade relativa (70, 80 e 90% VP). A utilização de velocidades fixas facilita a aquisição dos dados, uma vez que não é necessário o acréscimo de uma sessão para determinar a velocidade máxima de corrida, ou, VP. Contudo, não é possível afirmar precisamente qual a intensidade de uma velocidade específica para o participante e, dificilmente será semelhante entre todos. Ainda, vale ressaltar que a demanda fisiológica e a fadiga interferem em toda a biomecânica da corrida, logo, a velocidade fixa para estudos com participantes recreacionais (apresentam grande heterogeneidade de treinamento) pode comprometer a análise desses.

Uma das limitações do presente estudo foi a utilização de uma esteira motorizada para o teste da corrida. Por mais que o gesto seja o mesmo, pode haver alterações na mecânica quando comparada a corrida em esteira e na rua, sendo essa última a usualmente realizada pelos participantes do presente estudo. Ainda, como para os saltos não foi limitada a amplitude da flexão dos membros inferiores antes do despegue, sendo somente controlada o valor mínimo de flexão (50°), o que pode acarretar alterações no desempenho dos participantes. Portanto, sugere-se estudos futuros que procurem investigar a relação das variáveis cinéticas da corrida a com as variáveis do salto unilateral com a amplitude de movimento

controlado e, que também possam avaliar a corrida na rua, local onde os participantes usualmente realizam seus exercícios.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, R. M. Energy-saving mechanisms in walking and running. **The Journal of experimental biology**, v. 160, p. 55–69, 1991.
- ARAMPATZIS, A.; BRÜGGEMANN, G. P.; METZLER, V. The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 32, n. 12, p. 1349–1353, 1999.
- BALBINOTTI, M. A. et al. Perfis motivacionais de corredores de rua com diferentes tempos de prática. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 37, n. 1, p. 65–73, 2015.
- BARNES, K. R. et al. Warm-up with a weighted vest improves running performance via leg stiffness and running economy. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 18, n. 1, p. 103-108, 2014.
- BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2015.
- BATHKE, A. The ANOVA F test can still be used in some balanced designs with unequal variances and nonnormal data. **Journal of Statistical Planning and Inference**, v. 126, n. 2, p. 413–422, 2004.
- BEERSE, M.; WU, J.. Vertical stiffness and center-of-mass movement in children and adults during single-leg hopping. **Journal of Biomechanics**, v. 49, n. 14, p. 3306–3312, 2016.
- BISHOP, C. et al. Interlimb Asymmetries: Understanding How to Calculate Differences From Bilateral and Unilateral Tests. **Strength and Conditioning Journal**, p. 1, 2018.
- BLICKHAN, R. The spring-mass model for running and hopping. **J Biomech**, v. 22, p. 1217–1227, 1989.
- BOBBERT, M. F.; SCHAMHARDT, H. C.; NIGG, B. M. Calculation of vertical ground reaction force estimates during running from positional data. **Journal of Biomechanics**, v. 24, n. 12, p. 1095–1105, 1991.
- BOBBERT, M.; VAN SOEST, A. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 26, n. 8, p. 1012-1020, 1994.
- BREDEWEG, S. W.; BUIST, I.; KLUITENBERG, B. Differences in kinetic asymmetry between injured and noninjured novice runners: A prospective cohort study. **Gait and Posture**, v. 38, n. 4, p. 847–852, 2013.
- BRUGHELLI, M.; CRONIN, J. A review of research on the mechanical stiffness in running and jumping: Methodology and implications. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 18, n. 4, p. 417–426, 2009.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J.. Influence of Running Velocity on Vertical, Leg and Joint Stiffness. **Sports Medicine**, v. 38, n. 8, p. 647–657, 2008.

BUTLER, R. J.; CROWELL, H. P.; DAVIS, I. Lower extremity stiffness: Implications for performance and injury. **Clinical Biomechanics**, v. 18, n. 6, p. 511–517, 2003.

CARPES, F. P.; MOTA, C. B.; FARIA, I. E. On the bilateral asymmetry during running and cycling - A review considering leg preference. **Physical Therapy in Sport**, v. 11, n. 4, p. 136–142, 2010.

CASTELO, Thabata et al. Adesão e aderência ao exercício: Um Estudo Bibliográfico. p. 109–120, 2016.

CAVAGNA, G. A.; MARGARIA, R. Mechanics of walking. **Journal of applied physiology**, v. 21, n. 1, p. 271–278, 1966.

CAVAGNA, G. A.; THYS, H.; ZAMBONI, A. The sources of external work in level walking and running. **J. Physiol**, v. 262, p. 639–657, 1976.

CHAVET, P.; LAFORTUNE, M.A.; GRAY, J. R. Asymmetry of lower extremity responses to external impact loading. **Human Movement Science**, v. 16, n. 4, p. 391–406, 1997.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. Second ed. New York. 1988.

CONLEY, D. L.; KRAHENBUHL, G. S. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 12, n. 5, p. 357–360, 1980.

COOPER, H.; HEDGES, L. V.; VALENTINE, J. C. **Handbook of research synthesis and meta-analysis 2nd edition**. 2ND. ed. New York. 2009.

DA SILVA, S. R. D.; FRAGA, C. H. W.; GONÇALVES, M. Efeito da fadiga muscular na biomecânica da corrida : uma revisão. **Motriz**, v. 13, n. 3, p. 225–235, 2007.

DANCEY, CHRISTINE P.; REIDY, Jhon. **Statistics without Maths for Psychology**. 3ª ed. Harlow. 2006.

DAVIS, I. S.; RICE, H. M.; WEARING, S. C. Why forefoot striking in minimal shoes might positively change the course of running injuries. **Journal of Sport and Health Science**, v. 6, n. 2, p. 154–161, 2017.

DE LEVA, P. Adjustments to zatsiorsky-seluyanov's parameters segment inertia. **International Journal of Imaging Systems and Technology**, v. 29, n. 9, p. 1223–1230, 1996.

DELLAGRANA, R. A. et al. Evidence for Isokinetic Knee Torque Asymmetries in Male Long Distance-Trained Runners. **The International Journal of Sports**

Physical Therapy, v. 10, n. 4, p. 514–519, 2015.

DOWSON, M. N. et al. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 16, n. 3, p. 257–265, 1998.

DUARTE, M. P., Universidade De São. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática**, 2000.

ERNLUND, L.; VIEIRA, L. A.. Lesões dos isquiotibiais: artigo de atualização. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 52, n. 4, p. 373–382, 2017.

FERRIS, D. P.; LOUIE, M.; FARLEY, C. T. Running in the real world: Adjusting leg stiffness for different surfaces. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 265, n. 1400, p. 989–994, 1998.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**. 4th. ed. 2013.

FISCHER, F. et al. Isokinetic Extension Strength Is Associated With Single-Leg Vertical Jump Height. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, [s. l.], v. 5, n. 11, p. 1–6, 2017.

FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Scientific research methodology: guidelines for elaboration of a research protocol**, 2009.

FOUSEKIS, K.; TSEPIS, E.; VAGENAS, G. Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, p. 264–373, 2010.

FRANZ, J. R. et al. Changes in the coordination of hip and pelvis kinematics with mode of locomotion. **Gait and Posture**, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 494–498, 2009.

FURLONG, L. A. M.; EGGINTON, N. L. Kinetic Asymmetry during Running at Preferred and Nonpreferred Speeds. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 6, p. 1241–1248, 2018.

GARCÍA-LÓPEZ, J. et al. The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 294–302, 2005.

GIRARD, O. et al. Lower limb mechanical asymmetry during repeated treadmill sprints. **Human Movement Science**, v. 52, p. 203–214, 2017.

GRIMSTON, S. K. et al. Bone Mass, External Loads, and Stress Fracture in Female Runners. **International Journal of Sport Biomechanics**, v. 7, n. 3, p. 293–302, 1991.

GULLSTRAND, L. et al. Measurements of vertical displacement in running, a methodological comparison. **Gait and Posture**, v. 30, n. 1, p. 71–75, 2009.

- GUTIERREZ-FAREWIK, E. M.; BARTONEK, Å.; SARASTE, H. Comparison and evaluation of two common methods to measure center of mass displacement in three dimensions during gait. **Human Movement Science**, v. 25, n. 2, p. 238–256, 2006.
- HAMILL, J.; BATES, B. T.; KNUTZEN, K. M. Ground Reaction Force Symmetry during Walking and Running. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 55, n. 3, p. 289–293, 1984.
- HAMILTON, R. J.; PATON, C. D.; HOPKINS, W. G. Effect of high-intensity resistance training on performance of competitive distance runners. **International journal of sports physiology and performance**, v. 1, n. 1, p. 40–49, 2006.
- HAMNER, S. R.; SETH, A.; DELP, S. L. Muscle contributions to propulsion and support during running. **Journal of Biomechanics**, v. 43, n. 14, p. 2709–2716, 2010.
- JORGE, L. L. S. J. **Efeitos de dois programas de treinamento de força na eficiência e biomecânica da corrida humana**. 2014.
- KEPPEL, G.; WICKENS, T. **Design and Analysis_ A Researcher`s Handb**, 2004.
- KING, D. L.; McCARTNEY, M.; TRIHY, E. Initial contact and toe off event identification for rearfoot and non-rearfoot strike pattern treadmill running at different speeds. **Journal of Biomechanics**, v. 90, p. 119–122, 2019.
- KNAPIK, J. et al. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries. **Am. J. Sports Med.**, v. 19, p. 76–81, 1991.
- KUHMANN, D. J. et al. Comparison of ankle kinematics and ground reaction forces between prospectively injured and uninjured collegiate cross country runners. **Human Movement Science**, v. 47, p. 9–15, 2016.
- KUIPERS, H. et al. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, n. 7, p. 486–491, 2003.
- LAURINO, C. F. de S. et al. Lesões músculo-esqueléticas no atletismo. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 35, n. 9, p. 364–368, 2000.
- LEE, D. W. et al. Single-leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee**, v. 25, n. 6, p. 1016–1026, 2018.
- McELVEEN, M. I. T.; RIEMANN, B. L.; DAVIES, G. J. Bilateral comparison of propulsion mechanics during single-leg vertical jumping. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 2, p. 375–381, 2010.
- McMAHON, Thomas A.; CHENG, George C. The mechanics of running: How does stiffness couple with speed? **J Biomech**, v. 1, p. 65–78, 1990.
- MILNER, C. E.; PAQUETTE, M. R. A kinematic method to detect foot contact during

running for all foot strike patterns. **Journal of Biomechanics**, v. 48, n. 12, p. 3502–3505, 2015.

MONTGOMERY, W. H.; PINK, M.; PERRY, J. Electromyographic Analysis of Hip and Knee Musculature During Running. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 272–278, 1994.

MOORE, I. S. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 793–807, 2016.

MORETTO, P. et al. Elastic energy in locomotion: Spring-mass vs. poly-articulated models. **Gait and Posture**, v. 48, p. 183–188, 2016.

MORIN, J. B. et al. A simple method for measuring stiffness during running. **Biomechanics of Training and Testing: Innovative Concepts and Simple Field Methods**, p. 165–193, 2005.

OLMO, J.; CASTILLA, N. Explosive strength-related isokinetic parameters in high-level sprinters and long-distance runners: The relative power index. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 13, n. 4, p. 243–249, 2005.

PAPPAS, P.; DALLAS, G.; PARADISIS, G.. Reliability of leg and vertical stiffness during high speed treadmill running. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 33, n. 2, p. 160–165, 2017.

PAPPAS, P.; PARADISIS, G.; VAGENAS, G. Leg and vertical stiffness (a)symmetry between dominant and non-dominant legs in young male runners. **Human Movement Science**, v. 40, p. 273–283, 2015.

PAVEI, G. et al. Estimates of running ground reaction force parameters from motion analysis. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 33, n. 1, p. 69–75, 2017.

PESERICO, C.; ZAGATTO, A.; MACHADO, F. Reliability of peak running speeds obtained from different incremental treadmill protocols. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 10, p. 993–1000, 2014.

PORTES, E. M. et al. Isokinetic torque peak and hamstrings/quadriceps ratios in endurance athletes with anterior cruciate ligament laxity. **Clinics**, v. 62, n. 2, p. 127–132, 2007.

RADZAK, K. N. et al. Asymmetry between lower limbs during rested and fatigued state running gait in healthy individuals. **Gait and Posture**, v. 51, p. 268–274, 2017.

ROSENTHAL, R. Parametric Measures of Effect Size. In: **The Handbook of Research Synthesis**. 2^a ed. New York. p. 231–244. 1994.

RUMPF, M. C. et al. Kinetic asymmetries during running in male youth. **Physical Therapy in Sport**, v. 15, n. 1, p. 53–57, 2014.

SADEGHI, H.; ALLARD, P.; PRINCE, F.; LABELLE, H. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review Heydar. **Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME**, v. 58, n. 4, p. 1098–1101, 1990.

SANFELICE, R. et al. Análise qualitativa dos fatores que levam à prática da corrida de rua. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 11, n. 64, p. 83–88, 2017.

SANTOS, C. S.; NAVARRO, A. C. Influencia do tipo de treinamento no desempenho de atletas corredores através da economia de corrida. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 9, p. 147–158, 2015.

SILDER, A.; BESIÉR, T.; DELP, S. L. Running with a load increases leg stiffness. **Journal of Biomechanics**, v. 48, n. 6, p. 1003–1008, 2015.

SIQUEIRA, C. M. et al. Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: comparative study among non-athletes, jumper athletes and runner athletes. **Revista do Hospital das Clínicas**, v. 57, n. 1, p. 19–24, 2002.

SMITH, L. et al. A comparison of kinematic algorithms to estimate gait events during overground running. **Gait and Posture**, v. 41, n. 1, p. 39–43, 2015.

TERRERI, A. S.; GREVE, J. M. D.; AMATUZZI, M. M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 7, n. 5, p. 170–174, 2001.

THORDARSON, D. B. Running biomechanics. **Clinics in Sports Medicine**, v. 16, n. 2, p. 239–247, 1997.

V3D Composite Pelvis. 2016. Disponível em: <https://www.c-motion.com/v3dwiki/index.php/V3D_Composite_Pelvis>. Acesso em: 15 jan. 2019.

WILLSON, J. D.; DAVIS, I. S. Utility of the Frontal Plane Projection Angle in Females With Patellofemoral Pain. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 10, p. 606–615, 2008.

WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; FRANK, J. S. Assessment of balance control in humans. **Medical progress through technology**, v. 16, n. 1–2, p. 31–51, 1990.

WINTER, D. A. Kinematics. In: **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. p. 13–58. 2005.

Runner's World Age Grade Calculator. **Runner's World**. [S.l.] 2018. Disponível em: <<https://www.runnersworld.com/advanced/a20801263/age-grade-calculator/#>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

YANCI, J.; ARCOS, A. L. Muscle strength and leg asymmetries in elite runners and cyclists. **International SportMed Journal**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 285–297, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

“Relação das Assimetrias Bilaterais na Rigidez da Perna na Corrida e Testes Funcionais”

Prezado (a) Senhor (a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa **“Relação das Assimetrias Bilaterais na Rigidez da Perna na Corrida e Testes Funcionais”**, a ser realizada em **Londrina-PR**. O objetivo da pesquisa é **1) analisar a relação entre as assimetrias na rigidez da perna durante a corrida e assimetrias na rigidez da perna durante os agachamentos e saltos; 2) e analisar a relação entre as assimetrias na rigidez da perna na corrida e assimetrias na força durante a dinamometria isocinética**. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: você vai responder o questionário chamado *physical activity readiness questionnaire* (PAR-Q), para saber se você não apresenta problemas de saúde que o impossibilite de participar; seu peso e sua altura serão mensurados para a apresentação dos dados descritivos da média de todos os participantes. Os testes que você deverá realizar serão realizados em três dias diferentes. **Dia 1:** você realizará um aquecimento de 5 minutos e em seguida iniciará o protocolo de velocidade máxima a 9 km/h, com aumento de velocidade de 1 km/h a cada minuto posterior. O teste será encerrado quando atingir a exaustão, sendo destinados mais três minutos a 5 km/h como volta a calma. **Dia 2:** será realizada uma caminhada leve com duração de 5 minutos a 5 km/h. Haverá um segundo aquecimento com 50% da sua velocidade máxima e em seguida se inicia os testes. A coleta em si terá duração total de 3 minutos, sendo 1 minuto para cada percentual da velocidade máxima (70, 80 e 90%), devendo ocorrer de maneira randomizada. Após o teste, todos os participantes realizarão mais três minutos de volta a calma a 5 km/h. **Dia 3:** no terceiro dia você realizará a avaliação de força no dinamômetro isocinético. Esse teste ocorrerá sobre uma cadeira no qual você permanecerá sentado e receberá ajustes para fixação na mesma.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-

se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado (a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são **analisar se as possíveis assimetrias da rigidez na corrida aumentarão de acordo com o percentual da velocidade máxima, essa questão é importante pois uma diferença grande nos valores de assimetrias podem reduzir o desempenho e aumentar a sobrecarga sobre os membros inferiores, levando a possíveis lesões.** Quanto aos riscos, **informamos que nossa pesquisa apresenta baixo risco, sendo que os testes serão realizados em poucos minutos e de acordo com a literatura esses valores são baixíssimos (1 lesão para cada 125 horas). Caso algum problema mais grave ocorra, a equipe de coleta lhe levará para atendimento médico ou ligaremos para equipe de resgate.**

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (**Edson Gonsales da Cruz Filho, Rua Tupiniquins, 405, Londrina-PR, Telefone: (43 99806-4627 celular), e-mail: edson-gonsales@hotmail.com**), ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 201__.

Pesquisador Responsável

RG: 128315998/SSP-PR

_____ (NOME POR EXTENSO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

Obs.: Caso o participante da pesquisa seja menor de idade, o texto deve estar voltado para os pais e deve ser incluído ainda, campo para assinatura do menor e do responsável.

APÊNDICE B

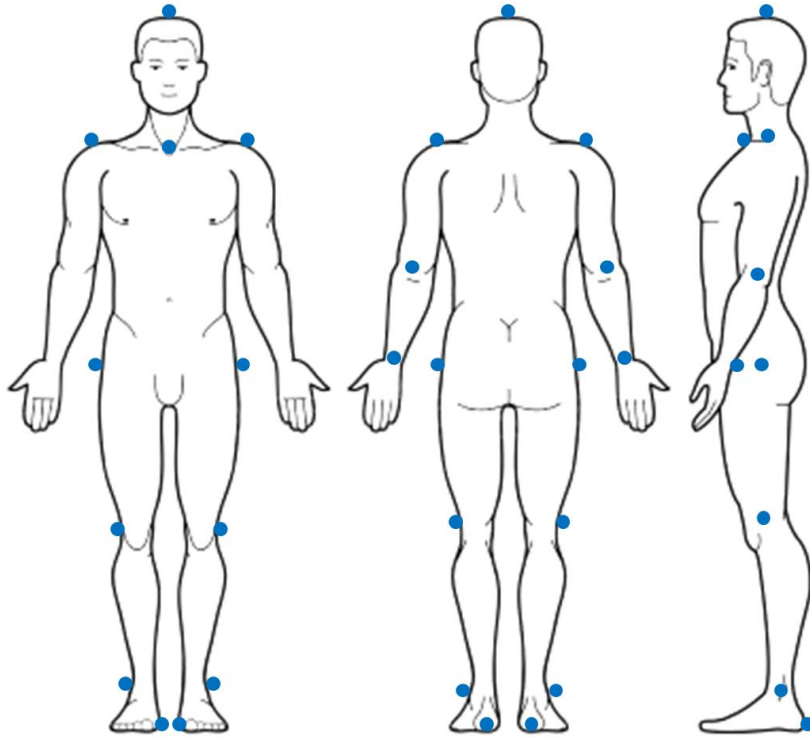


Figura 7 - Modelo e posicionamento dos marcadores reflexivos do modelo de De Leva (1996) para o cálculo do CoM.

APÊNDICE C

O CoM do pé é uma alternativa para a identificação do momento de contato com o solo para saltos unilaterais

INTRODUÇÃO

O salto unilateral é um gesto motor cada vez mais utilizado em avaliações funcionais (LEE et al., 2018). Recentemente, os saltos unilaterais tem sido utilizados para diversos fins, como por exemplo, para a comparação do desempenho entre os membros (McELVEEN; RIEMANN; DAVIES, 2010) e investigação da relação com outros métodos de avaliação da força muscular dos membros inferiores (FISCHER et al., 2017). Para os saltos unilaterais, estudos recentes analisaram inúmeras variáveis, como por exemplo a rigidez da perna ($K_{perna}S$), a força máxima de reação do solo durante o contato após o salto ($F_{V_{max}}S$) e o deslocamento vertical do centro de massa durante o salto ($DV_{CoM}S$, BEERSE; WU, 2016). Um evento que influencia essas variáveis direta e indiretamente é o momento de contato do pé com o solo (MCP). O MCP pode ser identificado por diversos métodos (GARCÍA-LÓPEZ et al., 2005). O estudo de Garcia-López et al. (2005) propôs a identificação do MCP por meio de cinco métodos diferentes, sendo a plataforma de força, o tapete de contato ligado a dois sistemas diferentes, um LED e uma cinemetria com câmera de alta velocidade (500 Hz). De acordo com seus resultados, o método da cinemetria foi o que apresentou menor erro em comparação à plataforma de força.

Para outros fenômenos como a corrida, existem diversos modelos de identificação do MCP por meio de dados cinemáticos, especificamente, por meio da captura optoeletrônica de marcadores passivos (MILNER; PAQUETTE, 2015). O estudo de Milner e Paquette (2015) identificou o MCP durante a corrida como a maior velocidade descendente do CoM da pelve, contudo, quando comparado dois fenômenos (saltos e corrida), observa-se que esses apresentam características distintas. Enquanto na corrida o corpo se desloca constantemente no sentido anteroposterior, no salto unilateral esse componente é muito pequeno. Em contrapartida, no eixo vertical o salto apresenta um deslocamento vertical do CoM muito maior que na corrida.

Considerando que o deslocamento da pelve se relaciona fortemente com o deslocamento do CoM, possivelmente esse apresenta um atraso em relação ao contato do pé no salto, devido a energia mecânica transmitida entre as articulações do tornozelo, joelho e quadril. Enquanto isso, o pé entra em contato diretamente com o solo e deve ser mais sensível para a identificação do MCP do que a pelve. Assim, a maior velocidade descendente do CoM do pé de apoio pode ser capaz de identificar o MCP nos saltos unilaterais, uma vez que durante a fase de voo, o pé e a pelve devem possuir acelerações idênticas. O objetivo do presente estudo foi comparar a utilização do CoM do pé e da pelve para a identificação do MCP nos saltos unilaterais.

MÉTODOS

Participantes

Participaram deste estudo 13 corredores recreacionais do sexo masculino ($31,5 \pm 7,3$ anos; $1,75 \pm 0,08$ m de estatura e, $76,5 \pm 13,6$ kg de massa corporal). Como critério de inclusão foi considerado um volume semanal de treino de 30 km, no mínimo os últimos 6 meses de prática (sendo esse sem nenhum tipo de lesão nos membros inferiores), não possuir qualquer tipo de alteração cardiorrespiratória e, ser classificado como recreacional por meio do *software Age Grade Calculator*. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina sob o parecer número 2.914.957 (CAAE: 97002818.8.0000.5231).

Os participantes tiveram tomadas suas medidas de massa e estatura por uma balança antropométrica com estadiômetro acoplado do modelo Welmy W110H (com precisão de 0,1 kg e de 0,1 cm, respectivamente).

Cinemática e modelamento corporal

Para aquisição das variáveis cinemáticas durante a os saltos foi utilizado o sistema de captura optoeletrônica da *Optitrack® - Optical Motion Capture Solutions*. Esse sistema foi composto por sete câmeras modelo *Prime 13* com frequência de aquisição de 200 Hz. Para a coleta, os participantes utilizaram uma bermuda

elástica, a fim de minimizar interferências na identificação dos marcadores refletivos. O modelo corporal utilizado para o cálculo do CoM da pelve foi□ composto por 4 marcadores (V3D COMPOSITE PELVIS, 2016)□. O CoM do pé foi obtido no modelo de De Leva (1996), assim, foi analisado separadamente o CoM dos pés esquerdo (Esq) e direito (Dir).

Plataforma de força

Para avaliar o MCP, foi utilizado como referência uma plataforma de força (AMTI, AccuGait, Watertown, MA, EUA). O equipamento foi centralizado ao ambiente de coletas (para facilitar também a aquisição dos dados cinemáticos) e sincronizado com o sistema de captura optoeletrônica, possuindo ainda a mesma frequência de aquisição, sendo essa a 200 Hz. Os participantes mantiveram as mãos na pelve para evitar interferências no desempenho decorrentes da utilização de seus membros superiores e realizaram cinco saltos unilaterais. Anteriormente aos saltos, realizaram dois aquecimentos. O primeiro consistiu em cinco minutos de caminhada em velocidade auto selecionada e, o segundo consistiu em oito agachamento livres. Foi padronizada a instrução verbal e os participantes foram instruídos apenas com “salte o mais alto possível”.

Processamento e análise dos dados

Para a identificação do MCP por meio da pelve (MCP_Pelve), foi considerada a maior velocidade descendente do CoM da pelve corrida (MILNER; PAQUETTE, 2015) e, para os pés (MCP_Pe), foi considerada a maior velocidade descendente do pé de apoio durante o salto unilateral. Para a identificação do MCP por meio da plataforma de força (MCP_Plat), foi considerado o primeiro quadro após o contato com valor superior a 10 N. Ambos os dados foram filtrados com um filtro digital tipo *butterworth* passa-baixa, sendo 8 Hz para os cinemáticos e 12 Hz para os cinéticos. Para todas as variáveis, foi considerada a média de cinco saltos com cada membro. Foi utilizado o ambiente *Matlab (R2016a; MathWorks, Natick, USA)* para o processamento e análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 apresenta os dados de três saltos de um participante (selecionado aleatoriamente) e respectivos frames para a comparação entre os métodos de identificação do MCP por meio do CoM da pelve, do pé e a força vertical de reação do solo obtido por meio da plataforma de força (FvRS). É possível observar que o MCP por meio do CoM do pé se aproxima mais da plataforma, apresentando um erro de 5 ms a 15 ms, enquanto o MCP por meio do CoM da pelve apresenta um erro de 30 a 40 ms.

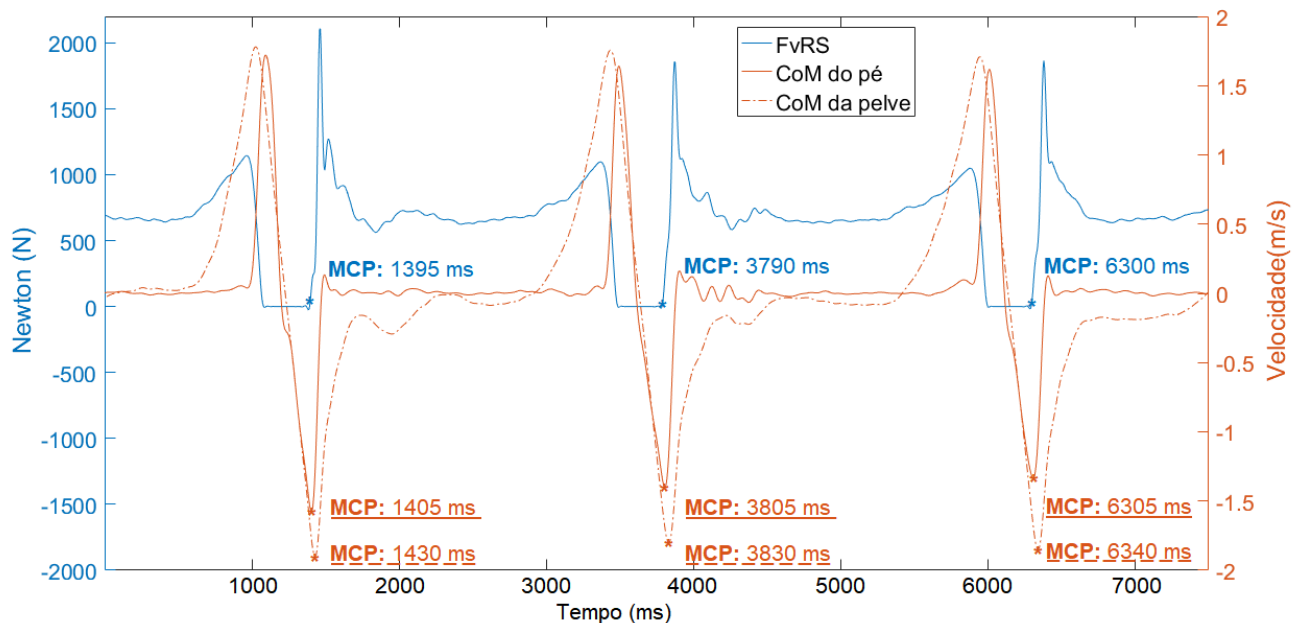


Figura 8 – Comparação entre os métodos de identificação do momento de contato do pé com o solo (MCP). * = frame de contato.

A Figura 9 apresenta os valores da diferença absoluta (em ms) entre os valores de MCP_Pe e MCP_Pelve quando comparados ao método padrão ouro (MCP_Plat). É possível observar que a diferença absoluta apresentado entre o método de MCP_Pe quando comparado ao MCP_Plat é pequeno (10 ms [7;12]) e, a diferença apresentada entre o MCP_Pelve quando comparado ao MCP_Plat é de 41 ms [36;45].

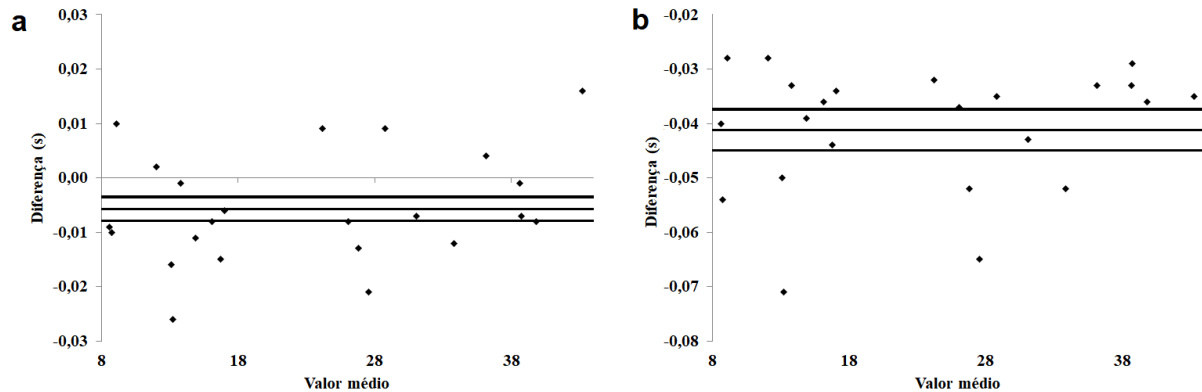


Figura 9 - Diferença entre os valores de MCP_Pé (a) e MCP_Pelve (b) quando comparados a MCP_Plát.

Os saltos unilaterais vem despertando o interesse de pesquisadores e, sua utilização é bem ampla, sendo aplicado desde avaliações funcionais, até a identificação de assimetrias (FISCHER et al., 2017; LEE et al., 2018; McELVEEN; RIEMANN; DAVIES, 2010). García-López et al., (2005) investigaram diferentes métodos de identificação do MCP. Seus achados apontam que, a filmagem do movimento com uma câmera de alta frequência (500 Hz) foi o método que apresentou o menor erro em relação a plataforma de força. Entretanto, esses autores não utilizaram nenhum método de captura optoeletrônica. Esse método possui a vantagem de ser mais fidedigno do que o rastreamento individual de marcadores, além de já possibilitar o modelamento corporal e permitir o cálculo do CoM e seu deslocamento.

A identificação do MCP por meio unicamente da cinemática é usualmente utilizada em outros gestos, como por exemplo na corrida (MILNER; PAQUETTE, 2015), entretanto, pouco se havia atentado para a identificação do MCP nos saltos unilaterais. King, McCartney e Trihy (2019) compararam diferentes métodos de identificação do MCP na corrida e, entre esses estava o de Milner e Paquette (2015), que se baseou na maior velocidade descendente do CoM da pelve. Segundo King, McCartney e Trihy (2019), o erro apresentado por esse método na corrida foi em torno de 15 ms. Para os saltos unilaterais do presente estudo, esse valor foi observado por meio da maior velocidade descendente do CoM do pé (7-12 ms), enquanto por meio do método do CoM da pelve o erro foi bem maior (36-45 ms) (e.g. os saltos apresentados na Figura 8). Uma possível explicação para o ocorrido decorre das características do próprio gesto. Possivelmente, no MCP durante os saltos os participantes tocam o solo com os joelhos mais estendidos do que na

corrida. Isso resulta em um atraso na identificação do MCP devido ao próprio atraso para a transmissão da energia cinética entre as articulações até atingir o CoM da pelve. Dessa forma, os resultados do presente estudo demonstram que o CoM do pé é confiável para a identificação do MCP e, não se faz necessária a utilização de um instrumento adicional ao sistema de captura optoeletrônico para a identificação do MCP nos saltos unilaterais (e.g. plataforma de força).

CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste estudo, é possível concluir que a maior velocidade descendente do CoM do pé é uma alternativa mais confiável em comparação ao CoM da pelve para a identificação do MCP em saltos unilaterais em relação ao uso da plataforma de força, apresentando um erro médio muito pequeno.

ANEXOS

ANEXO A

PAR-Q

Physical Activity Readiness Questionnaire
QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA

Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica e médica antes do início da atividade física. Caso você marque um SIM, é fortemente sugerida a realização da avaliação clínica e médica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições

O PAR-Q foi elaborado para auxiliar você a se auto-ajudar. Os exercícios regularmente estão associados a muitos benefícios de saúde. Completar o PAR-Q representa o primeiro passo importante a ser tomado, principalmente se você está interessado em incluir a atividade física com maior frequência e regularidade no dia a dia.

O bom senso é o seu melhor guia ao responder estas questões. Por favor, leia atentamente cada questão e marque SIM ou NÃO.

SIM	NÃO	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. Alguma vez seu médico disse que você possui algum cardíaco e recomendou que você só praticasse atividade física prescrição
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. Você sente dor no tórax quando pratica uma atividade
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. No último mês você sentiu dor torácica quando não estava praticando atividade física?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. Você perdeu o equilíbrio em virtude de tonturas ou perdeu consciência quando estava praticando atividade
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia agravado com a prática de atividades físicas?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para da sua pressão arterial ou condição cardiovascular?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. Você tem conhecimento de alguma outra razão física que o impeça de participar de atividades físicas?

Declaração de Responsabilidade

Assumo a veracidade das informações prestadas no questionário "PAR-Q" e afirmo liberado(a) pelo meu médico para participação em atividades físicas.

Nome do(a)

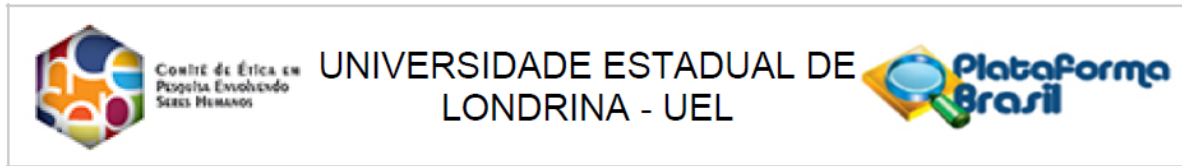
Nome do(a) responsável se menor de 18

Data

Assinatura
(Assinatura do Responsável no caso de menor de 18 anos)

ANEXO B

Aprovação do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Relação das Assimetrias Bilaterais na Rigidez da Perna na Corrida e Teste Funcionais

Pesquisador: Edson Gonsales da Cruz Filho

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 97002818.8.0000.5231

Instituição Proponente: CEFE - Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.914.957

Apresentação do Projeto:

Trata-se de estudo observacional experimental vinculado ao Programa de Pós Graduação em Educação Física associado UEL/UEM. O estudo contará com a participação de 26 corredores recreacionais do sexo masculino com idade de 18 a 40 anos que realizarão um protocolo para determinar a velocidade máxima e outros de corrida, testes funcionais e força de membro inferior no dinamômetro isocinético. No protocolo da corrida o participante deverá correr em três velocidades individualizadas e diferentes. No protocolo dos testes funcionais serão executados 6 agachamentos e 3 saltos unilaterais, e no protocolo de força em membro inferior serão realizadas extensões e flexões de joelho em três velocidades diferentes. Como critérios de inclusão os participantes deverão possuir um volume de treino igual ou maior que 30 quilômetros por semana, no mínimo nos últimos 6 meses de prática e não apresentarem lesões neuromusculares ou alterações cardiorrespiratórias que os impossibilitem ou interfiram nas avaliações. Serão excluídos os participantes que tenham lesão frequente (últimos seis meses) nos membros inferiores ou que não atenda a algum dos critérios de inclusão. Os participantes da pesquisa serão convidados via redes sociais e também pelos próprios participantes que já tiverem realizado os testes e se sentirem à vontade para colaborar com a divulgação. Os testes ocorrerão no Laboratório de Biomecânica Aplicada do Centro de Educação Física e Esporte da Universidade Estadual de Londrina. Os participantes da pesquisa realizarão os testes durante o contra turno acadêmico, assim, já estariam na universidade nos períodos anteriores ou posteriores às análises.