



UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA
FCS/ESS

LICENCIATURA EM FISIOTERAPIA
PROJECTO E ESTÁGIO PROFISSIONALIZANTE II

**RELAÇÃO ENTRE A AMPLITUDE DE MOVIMENTO DO
TORNOZELO E A PRESSÃO PLANTAR EM INDIVÍDUOS
SAUDÁVEIS**

Daniel Gomes Ferreira
Estudante de Fisioterapia
Escola Superior de Saúde – UFP
33561@ufp.edu.pt

Adérito Seixas
Mestre Assistente
Escola Superior de Saúde – UFP
aderito@ufp.edu.pt

Porto, Junho de 2019

Resumo

Objetivo: Determinar a influência da amplitude de movimento do tornozelo na pressão plantar em indivíduos saudáveis e comparar as distribuições das variáveis entre gêneros. **Métodos:** Participaram neste estudo 26 indivíduos saudáveis. A amplitude de movimento do tornozelo foi medida com um goniômetro e a pressão plantar quantificada através do sistema de palmilhas F-SCAN (Tekscan). **Resultados:** Existem diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os gêneros relativamente às variáveis de pressão de pico máxima (PPmax) no antepé, retropé e na totalidade do pé e também relativamente às variáveis de integral de pressão-tempo (IPT) nas regiões dos dedos, antepé e mediopé. Existem também diferenças significativas ($p < 0.05$) entre o sexo feminino e o sexo masculino nas variáveis de flexão plantar, amplitude de movimento do tornozelo e cadência. Verificaram-se correlações significativas ($p < 0.05$) entre a amplitude de flexão plantar e a PPmax da região do antepé, entre a amplitude de dorsiflexão e a IPT na região do antepé e, finalmente, entre a PPmax do retropé e a amplitude de extensão do hálux. **Conclusão:** A pressão plantar e amplitude de movimento do tornozelo é diferente entre gêneros. A amplitude de flexão plantar e dorsiflexão influenciam a pressão plantar.

Palavras-chave: Pressão Plantar; Amplitude de movimento; Tornozelo; Dorsiflexão; Pé

Abstract

Aim: To determine the ankle range of motion's influence on plantar pressure in healthy subjects and compare both variables between genders. **Methods:** The sample consisted of 26 healthy individuals. Ankle range of motion was measured with a goniometer and plantar pressure was assessed using a F-SCAN in-shoe system by Tekscan. **Results:** Significant differences ($p < 0.05$) were found between genders regarding forefoot, hindfoot and whole foot peak pressure (PP) scores and regarding toe, forefoot and midfoot pressure-time integral (PTI) scores. Significant differences ($p < 0.05$) in plantar flexion range, ankle range of motion and cadency were also found between genders. Plantar flexion range and forefoot PP were found to be significantly correlated ($p < 0.05$) as well as dorsiflexion range correlates with forefoot PTI and hallux extension correlates with hindfoot PP. **Conclusion:** Plantar pressure and ankle range of motion differs between genders. Plantar flexion and dorsiflexion range influence plantar pressure.

Key-words: Plantar pressure; Range of motion; Ankle; Dorsiflexion; Foot; Dorsal flexion

Introdução

O pé representa um dos pontos de contacto com o espaço físico que nos rodeia, pelo que o conhecimento das suas características biomecânicas e fisiológicas em indivíduos saudáveis torna-se fulcral para uma melhor compreensão das patologias do pé e do tornozelo. Posto isto, a análise da pressão plantar representa uma das abordagens que nos poderá auxiliar neste objetivo, dado que esta tecnologia é capaz de identificar padrões de pressão plantar característicos de várias disfunções comuns do pé e providencia ainda informação sobre os mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento destas mesmas disfunções (Menz, 2015). A análise da pressão plantar é, portanto, uma área que atrai alguma atenção por parte dos investigadores, dado que as aplicações das pesquisas daqui resultantes são inúmeras e diversificadas, cobrindo áreas como o desporto - na prevenção de lesões - e até mesmo a indústria do calçado, influenciando o seu design (Razak, Zayegh, Begg e Wahab, 2012). O estudo da pressão plantar pode também ser utilizado para avaliar a eficácia de determinadas ortóteses (Redmon, Lumb e Landorf, 2000; Jackson, Binning e Potter, 2004). Além disso, pensa-se que padrões anormais de pressão plantar durante o ciclo da marcha contribuem para um desenvolvimento de toda uma variedade de disfunções do pé, como por exemplo, dores localizadas no antepé, fraturas de stress dos metatarsos e o aparecimento de úlceras plantares em indivíduos diabéticos (Veves, Murray, Young e Boulton, 1992; Frykberg et al, 1998; Waldecker, 2002; Weist, Eils e Rosenbaum, 2004).

Menz e Morris (2005) referem que existe toda uma variedade de fatores que influenciam o padrão de pressão plantar, tais como a velocidade da marcha (Rosenbaum, Hautmann, Gold e Claes, 1994; Burnfield, Few, Mohamed e Perry, 2004; Taylor, Menz e Keenan, 2004), a cadência (Zhu, Wertsch, Harris e Alba, 1995), a presença de pé plano, normal ou cavo (Ledoux e Hillstrom, 2002) e a diminuição da amplitude de movimento do tornozelo (Fernando, Masson, Veves e Boulton, 1991). Dos fatores referidos, o presente estudo foca-se na relação existente entre a amplitude de movimento do tornozelo e o padrão de pressão plantar num contexto dinâmico, ou seja, durante o ciclo da marcha em indivíduos saudáveis.

À data deste estudo, a evidência atual referente a este tema foca-se maioritariamente em amostras de indivíduos diabéticos, analisando a pressão plantar e amplitude de movimento do tornozelo e relacionando com o aparecimento de úlceras de pressão na face plantar (Amemya et al., 2014). Ou seja, na literatura atual, não se encontram estudos cujo foco de investigação é a influência da mobilidade do tornozelo nos padrões de pressão plantar em indivíduos

saudáveis. A reduzida literatura disponível deduz que uma diminuição da amplitude de movimento do tornozelo poderá gerar um aumento da pressão plantar na região do antepé (Giacomozzi, Leardini e Caravaggi, 2014), podendo levar a inúmeros problemas do pé e tornozelo, tais como, metatarsalgia (Irving, Cook e Menz, 2006), fascíte plantar (Huerta, 2014) ou tendinopatias do tendão de Aquiles (Gurdezi, Kohls-Gatzoulis e Solan, 2013).

De uma perspectiva clínica, considerando a importância do pé para o desempenho das atividades diárias, e face à escassa evidência científica, torna-se importante a investigação desta temática. Nesse sentido, o presente estudo foca-se principalmente na influência da amplitude de movimento do tornozelo e do hálux nos padrões de pressão plantar em indivíduos saudáveis, avaliando ainda a distribuição destas variáveis e da cadência de marcha entre os géneros.

Metodologia

O presente estudo foi realizado no edifício das Clínicas Pedagógicas da Universidade Fernando Pessoa, após aprovação da Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa.

Participantes

Participaram neste estudo um total de 26 indivíduos saudáveis (n=26), dos quais 14 pertencem ao sexo feminino e 12 ao sexo masculino (53.8% género feminino, 46.2% género masculino) com idades compreendidas entre os 20 e os 58 anos (Me: 22; AIQ: 4) e valores de Índice de Massa Corporal (IMC) de 19.73 - dentro dos parâmetros considerados normais (OMS) - a 30.07 kg/m² – valor equivalente a Obesidade Grau I (OMS) - (Me: 23.96; AIQ: 5.06). Os participantes foram recrutados dentro da comunidade académica da Universidade Fernando Pessoa e também de fora da instituição. Foram incluídos voluntários com capacidade de deambulação autónoma e foram excluídos todos os participantes que reportassem patologia músculo-esquelética, vestibular e/ou diabetes, condições que poderiam afetar as variáveis estudadas.

Procedimentos Éticos

Este projeto de investigação foi submetido à Comissão de Ética da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, tendo sido aprovado pela mesma. Todos os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, dos procedimentos de avaliação e possíveis inconvenientes. Todos os participantes declararam por escrito a sua intenção de

participar voluntariamente no estudo de investigação através do preenchimento do formulário de consentimento informado da instituição (Anexo I). Foi assegurado aos participantes o seu direito de recusar a participação em parte ou na totalidade do estudo, assim como a possibilidade de desistir a qualquer momento sem qualquer prejuízo próprio. Além disso, todos os dados recolhidos foram tratados com extrema confidencialidade e mantendo o anonimato dos participantes do projeto, aos quais foi garantido que os mesmos dados não seriam usados para outros fins que não esta investigação.

Descrição dos instrumentos

Foi utilizado um questionário para caracterização dos participantes e informação relativa aos critérios de elegibilidade (Anexo II). Para avaliação do peso e da altura recorreu-se a uma balança de marca Tanita e um estadiómetro marca Seca, respetivamente. A avaliação da pressão plantar foi feita com calçado utilizando um sistema de palmilhas F-SCAN com uma velocidade de recolha de dados de 50Hz, as quais foram calibradas de acordo com o peso de cada participante (Tekscan, Boston, MA). Para avaliar a amplitude de movimento do tornozelo (dorsiflexão e flexão plantar) e de extensão do hálux foram utilizados um goniómetro universal e um goniómetro de dedos.

Procedimentos Metodológicos

Avaliação da mobilidade do pé:

A avaliação da mobilidade do tornozelo e hálux com os goniómetros universal e de dedos foi realizada de forma ativa para cada movimento a avaliar (dorsiflexão, flexão plantar e extensão do hálux) em cada pé, sendo que as medições foram sempre realizadas pelo mesmo investigador e com o joelho em extensão e a extensão do hálux medida na mesma posição, considerando a linha da falange proximal do hálux e a linha do 1º metatarso (Barn et al., 2015; Arts et al., 2012). Foram realizadas três avaliações e as medições foram posteriormente registadas no *software* Excel para Windows e calculou-se a média, utilizada nas análises subsequentes. Posteriormente, a partir das medições de flexão plantar e dorsiflexão foi calculada a amplitude total de mobilidade do tornozelo.

Avaliação da pressão plantar:

Na avaliação da pressão plantar foram realizadas três medições em que cada participante percorreu uma distância de 10 metros, considerando para análise todos os passos à exceção dos

passos iniciais e finais, correspondentes à fase de aceleração e desaceleração da marcha (Arts e Bus, 2011). Para cada passo foi analisada a pressão plantar da região dos dedos, do antepé, do mediopé, do retropé e do pé na sua totalidade através do *software* F-SCAN (Tekscan, Boston, MA) para Windows, do qual foram retirados os valores de pressão de pico máxima (PPmax) de cada região mencionada, ou seja, a pressão máxima em cada região, e o integral de pressão-tempo (IPT), que diz respeito ao valor cumulativo da pressão máxima numa determinada região do pé em cada *frame* multiplicado pela quantidade de tempo (integral) que as pressões referidas estiveram presentes nessa região (Burns, Crosbie, Hunt e Ouvrier, 2005). Após a recolha destes valores, os mesmos foram registados no *software* Excel para Windows e as suas médias respetivamente calculadas.

Procedimentos Estatísticos

Para a análise estatística dos dados recolhidos, foi utilizado o *software* de análise estatística IBM SPSS versão 25 para Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL). Através do teste Kolmogorov-Smirnov avaliou-se a distribuição das variáveis em estudo, verificando que não existe normalidade na distribuição das mesmas. Procedeu-se à análise de estatística descritiva para a caracterização da amostra e das variáveis em estudo recorrendo a valores de mediana e amplitude interquartílica. Seguidamente, utilizaram-se testes não-paramétricos de Mann-Whitney para averiguar a presença de diferenças significativas na distribuição das variáveis em estudo, em função do género. Para avaliar a associação entre as variáveis de pressão plantar e de mobilidade do pé recorreu-se teste de correlação de Spearman. Em todas as análises foi considerado um nível de significância de 5%.

Resultados

As características dos participantes referentes ao género, idade, índice de massa corporal (IMC), PPmax (KPa) e IPT (Kpa/seg) encontram-se representadas na Tabela 1.

Analisando a Tabela 1, podemos observar que as variáveis de PPmax e IPT da amostra (n=26) são ambas consideravelmente mais elevadas nas regiões do antepé e do retropé, sendo que o mesmo também se verifica na distribuição destas variáveis no género feminino (n=14) e no género masculino (n=12).

Foi ainda efetuada a análise estatística relativamente à comparação da PPmax e da IPT entre os participantes do sexo feminino e os participantes do sexo masculino, verificando-se diferenças significativas ($p < 0.05$) na distribuição de algumas variáveis, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 1 - Características dos participantes (Mediana, Me; Amplitude Interquartil, AIQ) relativas às variáveis de PPmax e IPT considerando género, idade e índice de massa corporal (IMC)

	Amostra (N=26)	Sexo Feminino (N=14)	Sexo Masculino (N=12)
Idade (anos)	Me 22 ; AIQ 4	Me 22 ; AIQ 6	Me 22 ; AIQ 2
IMC (kg/m²)	Me 23.96 ; AIQ 5.06	Me 23.19 ; AIQ 4.12	Me 25.56 ; AIQ 4.97
PPmax Dedos	Me 225.33 ; AIQ 187.92	Me 217.17 ; AIQ 221.33	Me 226.50 ; AIQ 129.25
IPT Dedos	Me 25.29 ; AIQ 18.98	Me 36.21 ; AIQ 24.7	Me 20.79 ; AIQ 8.32
PPmax Antepé	Me 360.33 ; AIQ 194.92	Me 430.50 ; AIQ 177.5	Me 298.83 ; AIQ 118.08
IPT Antepé	Me 38.50 ; AIQ 10.89	Me 41.08 ; AIQ 14.92	Me 36.66 ; AIQ 9.17
PPmax Mediopé	Me 125.67 ; AIQ 73.67	Me 123.33 ; AIQ 67.33	Me 132.00 ; AIQ 77.42
IPT Mediopé	Me 22.23 ; AIQ 7.67	Me 24.23 ; AIQ 8.43	Me 20.95 ; AIQ 7.86
PPmax Retropé	Me 283.50 ; AIQ 157.75	Me 375.83 ; AIQ 175.08	Me 247.67 ; AIQ 64.5
IPT Retropé	Me 37.80 ; AIQ 11.31	Me 38.02 ; AIQ 12.47	Me 37.80 ; AIQ 10.38
PPmax Total	Me 377.17 ; AIQ 202.17	Me 469.17 ; AIQ 308.17	Me 333.5 ; AIQ 191.42
IPT Total	Me 85.25 ; AIQ 41.67	Me 90.45 ; AIQ 58.72	Me 82.18 ; AIQ 42.89

Tabela 2 - Comparação dos valores de PPmax e IPT entre os géneros

	Sexo Feminino (N=14)	Sexo Masculino (N=12)	p
	Me ; AIQ	Me ; AIQ	
Idade (anos)	22 ; 6	22 ; 2	0.820
IMC (kg/m²)	23.19 ; 4.12	25.56 ; 4.97	0.019*
PPmax Dedos	217.17 ; 221.33	226.50 ; 129.25	0.497
IPT Dedos	36.21 ; 24.7	20.79 ; 8.32	0.000*
PPmax Antepé	430.50 ; 177.5	298.83 ; 118.08	0.000*
IPT Antepé	41.08 ; 14.92	36.66 ; 9.17	0.005*
PPmax Mediopé	123.33 ; 67.33	132.00 ; 77.42	0.734
IPT Mediopé	24.23 ; 8.43	20.95 ; 7.86	0.012*
PPmax Retropé	375.83 ; 175.08	247.67 ; 64.5	0.007*
IPT Retropé	38.02 ; 12.47	37.80 ; 10.38	0.192
PPmax Total	469.17 ; 308.17	333.5 ; 191.42	0.002*
IPT Total	90.45 ; 58.72	82.18 ; 42.89	0.066

*p<0.05, Mediana (Me), Amplitude Interquartil (AIQ)

Pela análise da Tabela 2 verificamos que existem diferenças significativas (p<0,05) entre os géneros relativamente às variáveis IMC, PPmax no antepé, retropé e na totalidade do pé e

também relativamente às variáveis de IPT nas regiões dos dedos, antepé e mediopé, observando-se que no sexo feminino as variáveis assumem valores distintamente mais altos.

A Tabela 3 retrata as características dos participantes do estudo relativamente às variáveis de amplitude de extensão do hálux, de dorsiflexão, de flexão plantar e de movimento do tornozelo assim como a variável cadência (passos por minuto), comparando-as entre os géneros.

Pela análise da Tabela 3 constata-se que existem diferenças significativas entre o sexo feminino e o sexo masculino nas variáveis de flexão plantar, amplitude de movimento do tornozelo e cadência, sendo que é no sexo feminino onde estas variáveis são maiores.

Tabela 3 - Características dos participantes relativamente às amplitudes de movimento (°) e cadência (passos por minuto) e comparação entre os géneros

	Amostra (N=26)	Sexo Feminino (N=14)	Sexo Masculino (N=12)	p
Extensão do Hálux	Me 35.8 ; AIQ 13.3	Me 36.7 ; AIQ 14.2	Me 35.8 ; AIQ 11.3	0.692
Dorsiflexão	Me 7.7 ; AIQ 5.9	Me 8.2 ; AIQ 5.2	Me 7.3 ; AIQ 8.1	0.854
Flexão Plantar	Me 65.0 ; AIQ 7.4	Me 67.2 ; AIQ 5.2	Me 62.2 ; AIQ 8.5	0.000*
ADM	Me 71.8 ; AIQ 11.4	Me 75.8 ; AIQ 8.0	Me 68.8 ; AIQ 8.0	0.008*
Cadência	Me 50.8 ; AIQ 4.6	Me 51.3 ; AIQ 4	Me 50.3 ; AIQ 5.3	0.040*

*p<0.05, Mediana (Me), Amplitude Interquartil (AIQ)

O coeficiente de correlação de Spearman revelou a presença de associações significativas entre determinadas variáveis (p<0.05), as quais estão demonstradas na Tabela 4.

Pela observação da Tabela 4 é possível verificar que existem correlações fracas, mas significativas, entre a amplitude de flexão plantar e a PPmax da região do antepé, entre a amplitude de dorsiflexão e a IPT na região do antepé e, finalmente, entre a PPmax do retopé e a amplitude de extensão do hálux. Verifica-se, portanto, que quanto maior a amplitude de movimento de flexão plantar ativa, maior será a PPmax na região do antepé. Adicionalmente, constatamos que uma diminuição da amplitude de dorsiflexão ativa se associa a um aumento da IPT na região do antepé. Relativamente à PPmax na área do retopé, vemos que o seu aumento está associado ao aumento da amplitude de extensão ativa do hálux.

Tabela 4 - Correlações significativas calculadas através do coeficiente de correlação de Spearman (rs)

		Extensão Hálux	Dorsiflexão	Flexão Plantar	ADM
PPmax Dedos	rs	0.143	0.259	-0.030	0.100
	p	0.313	0.063	0.834	0.479
IPT Dedos	rs	-0.001	0.157	0.118	0.148
	p	0.992	0.266	0.405	0.294
PPmax Antepé	rs	0.195	-0.117	0.399	0.223
	p	0.166	0.409	0.003*	0.112
IPT Antepé	rs	0.160	-0.310	0.212	0.046
	p	0.258	0.025*	0.131	0.746
PPmax Mediópé	rs	0.126	0.080	0.129	0.123
	p	0.373	0.575	0.360	0.385
IPT Mediópé	rs	0.099	0.160	0.209	0.232
	p	0.487	0.258	0.137	0.098
PPmax Retropé	rs	0.286	0.174	0.156	0.126
	p	0.040*	0.218	0.269	0.372
IPT Retropé	rs	0.211	0.130	0.117	0.129
	p	0.134	0.359	0.410	0.362
PPmax Total	rs	0.118	-0.203	0.095	-0.070
	p	0.407	0.149	0.503	0.622
IPT Total	rs	0.094	-0.021	0.128	0.022
	p	0.509	0.883	0.367	0.876

*p<0.05, ADM (Amplitude de Movimento), rs (coeficiente de correlação)

Discussão

O objetivo principal deste estudo passou por estudar a influência da amplitude de movimento do tornozelo e do hálux nos padrões de pressão plantar em indivíduos saudáveis. Adicionalmente, procuramos as diferenças dos padrões de pressão plantar, de amplitude de movimento do tornozelo e hálux e de cadência de marcha entre os géneros.

No presente estudo foram encontradas diferenças significativas entre géneros no que respeita às variáveis de pressão plantar, mobilidade do tornozelo e IMC, assim como associações significativas, mas fracas entre variáveis de pressão plantar e mobilidade do tornozelo.

Diferenças da pressão plantar entre os gêneros

Homens e mulheres são anatomicamente diferentes e dessa forma as suas medidas antropométricas e biomecânicas diferem (Wunderlich e Cavanagh, 2001), com vários estudos a apontar para diferenças no IMC entre gêneros (e.g. Koo et al., 2018), suportando os resultados encontrados no presente estudo. Contudo, existe uma escassez de estudos, especialmente de estudos recentes, que investiguem as diferenças na pressão plantar entre homens e mulheres saudáveis.

Os resultados do presente estudo mostram que existem diferenças nos padrões de pressão plantar entre os gêneros, dado que as variáveis de PPmax nas regiões do antepé, retropé e na totalidade do pé e também relativamente às variáveis de IPT nas regiões dos dedos, antepé e mediopé assumem valores distintamente mais altos no sexo feminino que no sexo masculino. McKay et al. (2017) e Demirbüken et al. (2019) vão de encontro a estes dados, pois verificaram no seu estudo que os valores de PPmax na região do antepé e do pé na sua totalidade eram superiores no sexo feminino. Contrariamente, Koo et al. (2018) mencionam ter verificado diferenças significativas entre gêneros na PPmax da região do antepé e na IPT do antepé e retropé, tendo encontrado maiores valores no sexo masculino. No entanto, Murphy, Beynnon, Michelson e Vacek (2005) reportam que não existem diferenças na pressão plantar de indivíduos saudáveis relacionadas com o género. Putti, Arnold e Abboud (2010) também referem não ter encontrado quaisquer diferenças significativas nas variáveis de PPmax e IPT entre o género feminino e o masculino. Esta inconsistência de resultados poderá ser justificada por diferentes condições experimentais ou diferentes parâmetros de avaliação da pressão plantar, tais como diferentes divisões das regiões do pé (Koo et al., 2018). É, portanto, necessário estabelecer metodologias apropriadas de forma a possibilitar aos investigadores traçar objetivos adequados nos seus estudos, obtendo dados mais precisos nesta temática.

Diferenças na amplitude de movimento do tornozelo e na cadência entre os gêneros

Com este estudo constatou-se que existem diferenças significativas entre o sexo feminino e o sexo masculino relativamente à amplitude de flexão plantar, sendo que é no sexo feminino onde este valor é maior. Este achado vai de encontro à evidência atual, tendo por exemplo os estudos de Cho, Jeon e Lee (2016) e de Sung e Kim (2018) que referem maiores valores de amplitude de flexão plantar no sexo feminino, havendo diferenças significativas comparativamente ao sexo masculino. Estes dois estudos também mencionam maiores amplitudes de dorsiflexão no sexo feminino, embora sem diferenças significativas comparativamente ao sexo masculino, tal

como verificamos neste estudo através dos dados da Tabela 3. Verificamos também que a amplitude de movimento do tornozelo é mais elevada no sexo feminino, o que é expectável considerando que esta variável resulta da soma das amplitudes de flexão plantar e dorsiflexão e ambas se revelam mais elevadas nas mulheres. Observamos ainda que existem diferenças significativas na cadência entre os dois géneros, dado que é, novamente, no sexo feminino que encontramos os valores mais elevados. Estes resultados vão de encontro ao estudo de McKay et al. (2017).

Influência da amplitude de movimento do tornozelo e hálux na pressão plantar

Verificamos que existe uma correlação significativa, embora fraca, entre a amplitude de flexão plantar e a PPmax da região do antepé, sendo que quanto maior a amplitude de movimento ativa de flexão plantar, maior a PPmax no antepé. O aumento de amplitude de flexão plantar poderá ser representativo de um aumento de força dos flexores plantares que por sua vez se traduz num aumento da pressão plantar máxima no antepé na fase de propulsão da marcha. Aronow et al. (2006) abordam esta noção, tendo verificado na sua investigação que um aumento de força do tricípite sural gera um aumento da pressão plantar no antepé. No entanto, é importante salientar que este estudo foi conduzido em cadáveres. No presente estudo, ainda no antepé observamos também uma associação entre a amplitude de dorsiflexão e a IPT em que uma diminuição da amplitude de dorsiflexão ativa se associa a um aumento da IPT. Turner, Helliwell, Burton e Woodburn (2007) verificaram resultados semelhantes na sua amostra de participantes diabéticos em que uma redução da amplitude de dorsiflexão ativa gerou um aumento da PPmax e da IPT no antepé, sendo que este aumento era ainda maior em indivíduos com historial prévio de ulcerações no pé. Durante a marcha, amplitudes reduzidas de dorsiflexão, comumente provocadas por encurtamento do tricípite sural, mudam a distribuição do peso do retropé para o antepé, gerando conseqüentemente um aumento dos valores de pressão plantar no antepé (Abdulmassih, Phisitkul, Femino e Amendola, 2013). Assim sendo, os resultados obtidos neste estudo vão de encontro à literatura disponível para indivíduos saudáveis.

Em indivíduos diabéticos a literatura indica que geralmente existem limitações significativas da amplitude de movimento do tornozelo (Francia et al., 2018), especialmente na amplitude ativa de dorsiflexão (Sacco et al., 2009; Francia et al., 2015). Associado à diminuição da amplitude de movimento do tornozelo na população diabética encontramos maiores valores de pressão plantar no mediopé e antepé, particularmente nas fases de apoio e propulsão do ciclo

da marcha (Orendurff et al., 2006; Ko, Hughes e Lewis, 2012; Amemiya et al., 2014). No seu estudo de revisão sistemática e meta-análise, Searle, Spink e Chuter (2018) também encontraram associações entre limitações do movimento de dorsiflexão e o aumento da IPT do pé, indo de encontro aos resultados encontrados no presente estudo.

Na associação entre a PPmax do retropé e a amplitude de extensão do hálux, vemos que o seu aumento está associado ao aumento da amplitude de extensão ativa do hálux. No entanto, não encontramos estudos na evidência disponível até à data que relatem esta associação.

Como limitações do presente estudo, realçamos as características inerentes à amostra, tais como o seu tamanho e o facto de a mesma ser composta, na sua maioria, por jovens adultos, levando a uma mediana de idade baixa. De notar que neste estudo não foram avaliadas a força dos dorsiflexores e a força dos flexores plantares de cada participante. Além disso, apesar de termos utilizado um espaço com 10 metros de comprimento para a realização da marcha de cada participante, nem sempre foi possível garantir um número ótimo de passos, que de acordo com Arts e Bus (2011) são 12, para avaliação da pressão plantar de forma a aumentar a fiabilidade desta medição.

Conclusão

Para a amostra em estudo, foi possível concluir que existem diferenças nos valores de pressão plantar e mobilidade do tornozelo entre homens e mulheres, sendo que é no sexo feminino onde encontramos os resultados mais elevados nos parâmetros referidos. Para a amostra estudada, concluímos que a amplitude de flexão plantar influencia positivamente a PPmax no antepé. Comprovou-se também que uma redução da amplitude de dorsiflexão é capaz de alterar o padrão da IPT no antepé. Além disso verificamos que existe uma correlação entre a amplitude de extensão do hálux e a PPmax no retropé.

Este projeto revela-se importante para a Fisioterapia uma vez que aborda uma temática pouco explorada pela literatura até então, podendo contribuir com dados e informação de grande valor para o fisioterapeuta ser capaz de atingir uma melhor compreensão dos mecanismos subjacentes da biomecânica do pé em indivíduos saudáveis.

Recomendamos a replicação desta metodologia com as devidas limitações contornadas em amostras de maiores dimensões de forma a refutar ou comprovar os resultados obtidos nesta investigação.

Bibliografia

- Abdulmassih, S., Phisitkul, P., Femino, J. e Amendola, A. (2013) Triceps Surae Contracture: Implications for foot and ankle surgery. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21 (7), 398-407.
- Amemiya, A., Noguchi, H., Oe, M., Ohashi, Y., Ueki, K., Kadowaki, T., Mori, T. e Sanada, H. (2014) Elevated plantar pressure in diabetic patients and its relationship with their gait features. *Gait and Posture*, 40 (3), 408-414.
- Aronow, M., Diaz-Doran, V., Sullivan, R., Adams, D. (2006) The effects of triceps surae contracture force on plantar foot pressure distribution. *Foot and Ankle International*, 27 (1), 43-52.
- Arts, M. e Bus, S. (2011). Twelve steps per foot are recommended for valid and reliable in-shoe plantar pressure data in neuropathic diabetic patients wearing custom made footwear. *Clinical biomechanics*, 26 (8), 880-884.
- Arts, M. L., Waaijman, R., de Haart, M., Keukenkamp, R., Nollet, F. e Bus, S. A. (2012). Offloading effect of therapeutic footwear in patients with diabetic neuropathy at high risk for plantar foot ulceration. *Diabet Med*, 29(12), 1534-41.
- Barn, R., Waaijman, R., Nollet, F., Woodburn, J. e Bus, S. A. (2015). Predictors of Barefoot Plantar Pressure during Walking in Patients with Diabetes, Peripheral Neuropathy and a History of Ulceration. *PloS one*, 10 (2), e0117443.
- Burnfield, J., Few, C., Mohamed, O., Perry, J. (2004) The influence of walking speed and footwear on plantar pressures in older adults. *Clinical Biomechanics*, 19 (1), 78-84.
- Burns, J., Crosbie, J., Hunt, A. e Ouvrier, R. (2005) The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clinical Biomechanics*, 20 (9), 877-882.
- Cho, K., Jeon, Y. e Lee, H. (2016) Range of motion of the ankle according to pushing force, gender and knee position. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 40 (2), 271-278.
- Demirbüken, I., Özgül, B., Timurtas, E., Yurdalan, S., Çekin, M. e Polat, M. (2019) Gender and age impact on plantar pressure distribution in early adolescence. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 53 (3), 215-220.
- Fernando, D., Masson, E., Veves, A., Boulton, A. (1991) Relationship of limited joint mobility to abnormal foot pressures and diabetic foot ulceration. *Diabetes Care*, 14 (1), 8-11.
- Francia, P., Seghieri, G., Gulisano, M., De Bellis, A., Toni, S., Tedeschi, A. e Anichini, R. (2015) The role of joint mobility in evaluating and monitoring the risk of diabetic foot ulcer. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 108 (3), 398-404.

- Francia, P., Toni, S., Iannone, G., Seghieri, G., Piccini, B., Vittori, A., Santosuosso, U., Casalini, E. e Gulisano, M. (2018) Type 1 diabetes, sport practiced, and ankle joint mobility in young patients: what is the relationship? *Pediatric Diabetes*, 19 (4), 801-808.
- Frykberg, R., Lavery, L., Pham, H., Harvey, C., Harkless, L. e Veves, A. (1998) Role of neuropathy and high foot pressure in diabetic foot ulceration. *Diabetes Care*, 21 (10), 1714-1719.
- Giacomozzi, C., Leardini, A. e Caravaggi, P. (2014) Correlates between Kinematics and Baropodometric Measurements for an Integrated In-Vivo Assessment of the Segmental Foot Function in Gait. *Journal of Biomechanics*, 47 (11), 2654-2659.
- Gurdezi, S., Kohls-Gatzoulis, J. e Solan, M. (2013) Results of proximal medial gastrocnemius release for Achilles tendinopathy. *Foot and Ankle International*, 34 (10), 1364-1369.
- Huerta, P. (2014) The effect of the gastrocnemius on the plantar fascia. *Foot and Ankle Clinics*, 19 (4), 701-718.
- Irving, D., Cook, J. e Menz, H. (2006) Factors associated with chronic plantar heel pain: a systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9 (1), 11-22.
- Jackson, L., Binning, J., Potter, J. (2004) Plantar pressures in rheumatoid arthritis using prefabricated metatarsal padding. *Journal of the American Podiatric Association*, 94 (3), 239-245.
- Ko, M., Hughes, L. e Lewis, H. (2012) Walking speed and peak plantar pressure distribution during barefoot walking in persons with diabetes. *Physiotherapy Research International*, 17 (1), 29-35.
- Koo, S., Chun, S., Lee, K., Cho, B., Koo, Y., Kang, D. e Park, M. (2018) Sex Differences in Pedobarographic Findings and Relationship between Radiographic and Pedobarographic Measurements in Young Healthy Adults. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 10 (2), 216-224.
- Ledoux, W., Hillstrom, H. (2002) The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet, *Gait Posture*, 15 (1), 1-9.
- McKay, M., Baldwin, J., Ferreira, P., Simic, M., Vanicek, N., Wojciechowski, E., Mudge, A. e Burns, J. (2017) Spatiotemporal and plantar pressure patterns of 1000 healthy individuals aged 3-101 years. *Gait & Posture*, 58, 78-87.
- Menz, H. (2015) Biomechanics of the ageing foot and ankle: a mini-review. *Gerontology*, 61 (4), 381-388.
- Menz, H. e Morris, M. (2006) Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait and Posture*, 24 (2), 229-236.

Murphy, D., Beynnon, B., Michelson, J. e Vacek, P. (2005) Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability, variability, effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot & Ankle International*, 26 (2), 171-179.

Orendurff, M., Rohr, E., Sangeorzan, B., Weaver, K. e Czerniecki, J. (2006) An equinus deformity of the ankle accounts for only a small amount of the increased forefoot plantar pressure in patients with diabetes. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 88 (1), 65-68.

Putti, A., Arnold, G. e Abboud, R. (2010) Foot pressure differences in men and women. *Foot and Ankle Surgery*, 16 (1), 21-24.

Razak, A., Zayegh, A., Begg, R. e Wahab, Y. (2012) Foot plantar pressure measurement system: a review. *Sensors*, 12 (7), 9884-9912.

Redmond, A., Lumb, P., Landorf, K. (2000) Effect of cast and noncast foot orthoses on plantar pressure and force during normal gait. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 90 (9), 441-449.

Rosenbaum, D., Hautmann, S., Gold, M., Claes, L. (1994) Effects of walking speed on plantar pressure patterns and hindfoot angular motion. *Gait Posture*, 2 (3), 191-197.

Sacco, I., Hamamoto, A., Gomes, A., Onodera, A., Hirata, R. e Hennig, E. (2009) Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy. *Clinical Biomechanics*, 24 (8), 687-692.

Sung, E. e Kim, J. (2018) Relationship between ankle range of motion and Biodex Balance System in females and males. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14 (1), 133-137.

Taylor, A., Mens, H., Keenan, A. (2004) The influence of walking speed on plantar pressure measurements using the two-step gait initiation protocol. *Foot*, 14 (1), 49-55.

Turner, D., Helliwell, P., Burton, A. e Woodburn, J. (2007) The relationship between passive range of motion and range of motion during gait and plantar pressure measurements. *Diabetic Medicine*, 24 (11), 1240-1246.

Veves, A., Murray, H., Young, M. e Boulton, A. (1992) The risk of foot ulceration in diabetic patients with high foot pressure – a prospective study. *Diabetologia*, 35 (7), 660-663.

Waldecker, U. (2002) Metatarsalgia in hallux valgus deformity: a pedographic analysis. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 41 (5), 300-308.

Weist, R., Eils, E., Rosenbaum, D. (2004) The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *American Journal of Sports Medicine*, 32 (8), 1893-1899.

Wunderlich, R. e Cavanagh, P. (2001) Gender differences in adult foot shape: implications for shoe design. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (4), 605-611.

You, J., Lee, H., Luo, H., Leu, C., Cheng, P., Wu, S. (2009) Gastrocnemius tightness on joint angle and work of lower extremity during gait. *Clinical Biomechanics*, 24 (9), 744-750.

Zhu, H., Werstch, J., Harris, G., Alba, H. (1995) Walking cadence effect on plantar pressures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76 (11), 1000-1005.

ANEXOS

Anexo I – Consentimento Informado

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Considerando a “Declaração de Helsínquia” da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000)

Relação entre variáveis biomecânicas e térmicas do pé

Eu, abaixo-assinado, (nome completo do doente ou voluntário são)

_____,
compreendi a explicação que me foi fornecida acerca da minha participação na investigação que se tenciona realizar, bem como do estudo em que serei incluído. Foi-me dada oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias e de todas obtive resposta satisfatória.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da Declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objectivos e os métodos e, se ocorrer uma situação de prática clínica, os benefícios previstos, os riscos potenciais e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a minha participação no estudo, sem que isso possa ter como efeito qualquer prejuízo pessoal.

Por isso, consinto que me seja aplicado o método ou o tratamento, se for caso disso, propostos pelo investigador.

Data: ____/____/200__

Assinatura do doente ou voluntário são: _____

O Investigador responsável:

Nome:

Assinatura:

Anexo II – Questionário de caracterização

Relação entre variáveis biomecânicas e térmicas do pé

<u>Dados Pessoais</u>	<u>Código:</u> _____
Idade: _____	Sexo: M <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/>
Peso: _____ kg	Altura: _____ m
	IMC: _____

- Alguma vez lhe foi diagnosticado:
 - Patologia musculoesquelética: Sim Não
 - Qual: _____
 - Patologia neurológica: Sim Não
 - Qual: _____
 - Patologia vestibular: Sim Não
 - Qual: _____
 - Diabetes: Sim Não

Obrigada pela sua colaboração!