



Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

Licenciatura em Fisioterapia

Projeto de Graduação

A influência da pressão plantar na coluna vertebral na população adulta: uma revisão bibliográfica

Guilherme Fontes

Estudante Fisioterapia

Escola Superior de Saúde Fernando Pessoa

38446@ufp.edu.pt

Andrea Ribeiro

Doutorada em Ciências da Motricidade - Fisioterapia

Docente da Escola Superior de Saúde – UFP

andrear@ufp.edu.pt

Porto, Junho 2022

Resumo

Objetivo: Determinar de que forma a pressão plantar influencia a coluna vertebral na população adulta. **Metodologia:** Para formular a questão clínica, foi utilizado o método PICO. Assim realizou-se uma pesquisa computadorizada nas bases de dados da *PubMed*, *Science Direct* e *Cochrane* com as seguintes palavras-chave ("*plantar pressure*" OR "*foot position*") AND ("*spine*"), a qualidade metodológica foi analisada através da escala de *STROBE*, *checklist Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE)*. **Resultados:** Foram incluídos 5 estudos com uma média aritmética de 15,6 na escala de STROBE. Num total de 187 indivíduos, 134 mulheres e 43 homens no total com uma média de idades de 25,06 anos. **Conclusão:** Em suma, as alterações mais comuns do pé como pé plano, pé cavo, pé pronado ou pé supinado parecem ter influência direta na pressão plantar o que por sua vez vai interferir com a coluna vertebral. **Palavras-chave:** Pressão plantar ou posição do pé, coluna vertebral, dor lombar.

Abstract

Objective: To determine how the plantar pressure influences the spine in the adult population. **Methodology:** To formulate a clinical question, the PICO method was used. Thus, a computerized search was carried out in the databases *PubMed*, *Science Direct* and *Cochrane* with the following keywords ("*plantar pressure*" OR "*foot position*") AND ("*spine*"), the methodologic quality was analyzed through the *STROBE* scale, *checklist Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE)*. **Results:** 5 studies were included with an arithmetic mean of 15,6 in the *STROBE* scale. In a total of 187 individuals, 134 women and 43 men in total with an average age of 25,06 years old. **Conclusion:** In short, the most common alterations of the foot such as flat foot, cavus foot, pronated foot or supinated foot seem to have a direct influence on plantar pressure, which in turn will interfere with the spine. **Keywords:** Plantar Pressure or foot position, spine, low back pain.

Introdução

Todos os anos, cerca de 253 mil pessoas sofrem de incapacidade relacionada com lesões da coluna vertebral o que implica um custo de 9,7 bilhões de dólares por ano tanto em despesas médicas como sociais (French et al., 2007). Estas lesões são de diferente carácter podendo variar entre uma dor lombar, tratamento para escoliose ou tetraplegia. Sabe-se que um conjunto complexo de fatores de risco contribui para a condição, como idade avançada, sexo feminino, baixa escolaridade, obesidade, ocupação e fatores psicossociais. Além desses fatores de risco bem estabelecidos, a postura e função anormais do pé também têm sido implicadas, com vários autores sugerindo que indivíduos com pés arqueados ou pronados são mais propensos a ter lombalgias (Menz et al., 2013). Estima-se que 80% da população em geral sofre de alterações nos pés podendo estas ser corrigida com o tratamento adequado. As alterações nos pés como pé plano ou pé cavo podem causar alterações posturais como o aumento da lordose lombar ou retificação lombar, respetivamente (Borges et al., 2013).

Segundo Frost et al. (2019), a coluna vertebral, é uma estrutura óssea onde se situa a medula espinal e se estende por todo o comprimento do tronco, conectando a cabeça à pelvis. A função mais importante da coluna é proteger a medula espinal, que é o suprimento nervoso para todo o corpo com origem no cérebro. Juntamente com essa função principal, outras incluem: apoiar a massa do corpo, resistir a forças externas e permitir mobilidade e flexibilidade enquanto dissipam energia e protegem contra impactos. A coluna está conectada aos músculos e ligamentos do tronco para controlo postural e para a sua própria estabilidade. Pode ser dividida em cinco seções distintas: coluna cervical, coluna torácica, coluna lombar, sacro e cóccix, todos compostos por vértebras ósseas independentes e discos intervertebrais.

O pé é uma estrutura anatómica complexa composta por inúmeros ossos, ligamentos, articulações, músculos e tendões, responsável pela coordenação complexa dos movimentos na marcha e na capacidade de ficar em pé. Por definição, o pé é a extremidade inferior distal da articulação do tornozelo, é constituído por 26 ossos que se subdividem em grupos retropé, mediopé e antepé e por 29 músculos responsáveis pelo movimento das estruturas ósseas do pé e tornozelo. O pé tem várias funções, suporta o peso do corpo, tem um papel importante no equilíbrio, na marcha, na coordenação e na absorção de choques (Ficke e Byerly, 2022).

O pé é composto por 3 arcos, o arco longitudinal lateral, arco longitudinal medial e o arco transversal. Estes arcos têm um papel fundamental no amortecimento da pressão ao impacto e são ainda responsáveis pela estabilização dinâmica e estática do corpo durante a marcha ou somente de pé. O pé cavo e o pé plano são as duas deformidades mais comuns relacionadas

com a fásia plantar e o arco longitudinal do pé. Em pessoas com o pé plano há um colapso da arcada plantar fazendo com que haja falta de amortização da pressão que o chão faz com o pé. Este aumento de pressão dá origem a um desconforto que se não for tratado pode produzir dor e défices posturais, de marcha, etc.

O pé plano é um dos fatores contribuintes para uma variedade de condições médicas como patologias do membro inferior, tendinopatia do Aquiles, fasceíte plantar, hálux valgus e laxidez ligamentar (Wang et al., 2020). Esta deformidade é mais comum na infância sendo que na Europa está presente em quase 75% das crianças entre os 3 e os 5 anos e em apenas 12,5% das crianças após os 8 anos. Na população adulta, a incidência do pé plano varia entre os 6% na Europa e os 20-25% nos Estados Unidos da América (Aenumulapalli, Kulkarni e Gadontra, 2017).

O pé cavo é uma condição ortopédica que se manifesta em adultos e crianças. É uma deformidade que é tipicamente caracterizada pela elevação do arco longitudinal do pé. É também, normalmente, uma manifestação de um processo neurológico subjacente, mas Deben e Pomeroy (2014), Manoli e Graham (2005) e Younger e Hansen (2005), discutem que há um conjunto de pacientes com uma forma mais subtil de pé cavo que se pode apresentar sem esse processo neurológico estar subjacente. A verdadeira incidência desta condição é desconhecida na população em geral, possivelmente devido à definição um tanto vaga. Num estudo em 1846 indivíduos saudáveis sem condições neurológicas subjacentes mostrou uma prevalência de 10% de pé cavos (Seaman, 2021).

Por seu turno Wozniacka et al. (2019), num estudo sobre a associação entre uma arcada plantar elevada, a distribuição de carga pelo pé e a postural corporal em mulheres jovens concluiu que até o menor aumento da arcada plantar que pode não ser considerado patológico vai causar mudanças visíveis da distribuição da carga entre os dois pés. Foi observado ainda que um aumento da carga realizado num pé em relação ao oposto pode resultar em reações compensatórias do corpo, com maiores consequências na cintura escapular, resultando num mau alinhamento da mesma.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi o de determinar de que forma a pressão plantar influencia a coluna vertebral na população adulta.

Metodologia

Estratégia de pesquisa

A revisão foi conduzida de acordo com a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement* (PRISMA), que tem como objetivo melhorar os padrões de apresentação de revisões sistemáticas e meta-análises (Page et al., 2021) e também de acordo com o modelo de questões PICO (P- população; I-intervenção; C-comparação; O- *outcome*), para definir os critérios de inclusão (Eriksen e Frandsen, 2018). Neste caso a população é a população adulta, na intervenção são observados os efeitos da pressão plantar na coluna vertebral e o *outcome* é a existência de relação entre a pressão plantar e a anatomia da coluna vertebral.

A pesquisa computadorizada para a presente revisão foi efetuada nas bases de dados: *Pubmed*, *Science Direct* e *Cochrane* com as palavras-chave: ("*plantar pressure*" OR "*foot position*") AND ("*spine*"). Na *Pubmed* foi usado o filtro "*Randomize Controlled Trials*", na *Cochrane* não foram usados quaisquer filtros enquanto que na *Science Direct* foram usados os filtros "*Review Articles*" e "*Nursing and Health Professionals*".

Critério de elegibilidade

Os estudos incluídos nesta revisão bibliográfica incluem estudos correlacionais com duas ou mais variáveis. Foram incluídos todos os artigos que se concentrassem na relação entre a pressão plantar, a posição do pé ou do arco plantar e a coluna na população adulta, artigos que estivessem em inglês, português ou espanhol. Foram excluídos artigos com temáticas não relacionadas com o tema de pesquisa. Artigos que usassem técnicas de intervenção direta e que se focassem em patologias específicas também não foram selecionados. A elegibilidade dos artigos com base nos critérios foi determinada na leitura dos títulos e resumos em primeiro lugar e, em caso de dúvida, da totalidade dos artigos. De forma a avaliar a qualidade metodológica de cada estudo selecionado, foi utilizada a *checklist Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE)*

Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos artigos foi avaliada recorrendo à escala *checklist Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE)*. A pontuação dos estudos, com média aritmética de 15,6 em 22, pode ser observada na tabela 1. Os artigos apresentam

uma boa qualidade metodológica. Dos artigos estudados apenas Wozniacka et al. (2019) não é uma série de casos, sendo este um caso-controlo.

Tabela 1. Classificação da Qualidade Metodológica dos artigos estudados segundo a escala *STROBE*

Critérios	Estudos				
	(Bestsch et al 2011)	(Borges, Fernandes e Bertoncello, 2013)	(Duval, Lam e Anderson 2010)	(Kararti et al. 2020)	(Wozniacka et al. 2019)
1	√	√	√	√	√
2	√	√	√	√	√
3	√	√	√	√	√
4	√	√	√	√	√
5	√	√	√	√	√
6	√	√	X	√	X
7	√	√	X	X	X
8	√	√	√	√	√
9	X	X	√	√	√
10	X	x	X	X	X
11	X	√	X	X	X
12	√	√	√	√	√
13	X	X	X	X	√
14	X	X	X	√	√
15	X	X	X	X	X
16	√	√	√	√	√
17	√	√	√	√	√
18	√	√	√	√	√
19	√	√	√	√	√
20	√	√	√	√	√
21	√	√	√	√	√
22	X	X	X	X	X
TOTAL	15/22	16/22	14/22	16/22	17/22

Legenda: 1: Título e Abstract; 2: Background; 3: Objetivos; 4: Desenho do estudo; 5: Contexto; 6: Participantes; 7: Variáveis; 8: Fontes de dados/medição; 9: Tendência; 10: Tamanho da amostra; 11: Variáveis quantitativas; 12: Métodos estatísticos; 13: Reporta o número de participantes em cada patamar do estudo; 14: Dados descritiva; 15: Dados de resultado; 16: Resultados principais; 17: Outras análises; 18: Resultados chave; 19: Limitações; 20: Interpretações; 21: Generalidade; 22: Financiamento.

Resultados

Seleção dos artigos: Após a pesquisa foram selecionados 5 estudos correlacionais que se enquadravam nos critérios de inclusão e exclusão. Foram identificados 266 artigos, reduzidos para 242 após remoção de duplicados, desses, após leitura do título e resumo foram novamente reduzidos para 5 dos quais foi feita a leitura integral de modo a aplicar os critérios de inclusão e exclusão impostos. Todo o processo encontra-se descrito no diagrama de PRISMA da Figura 1.

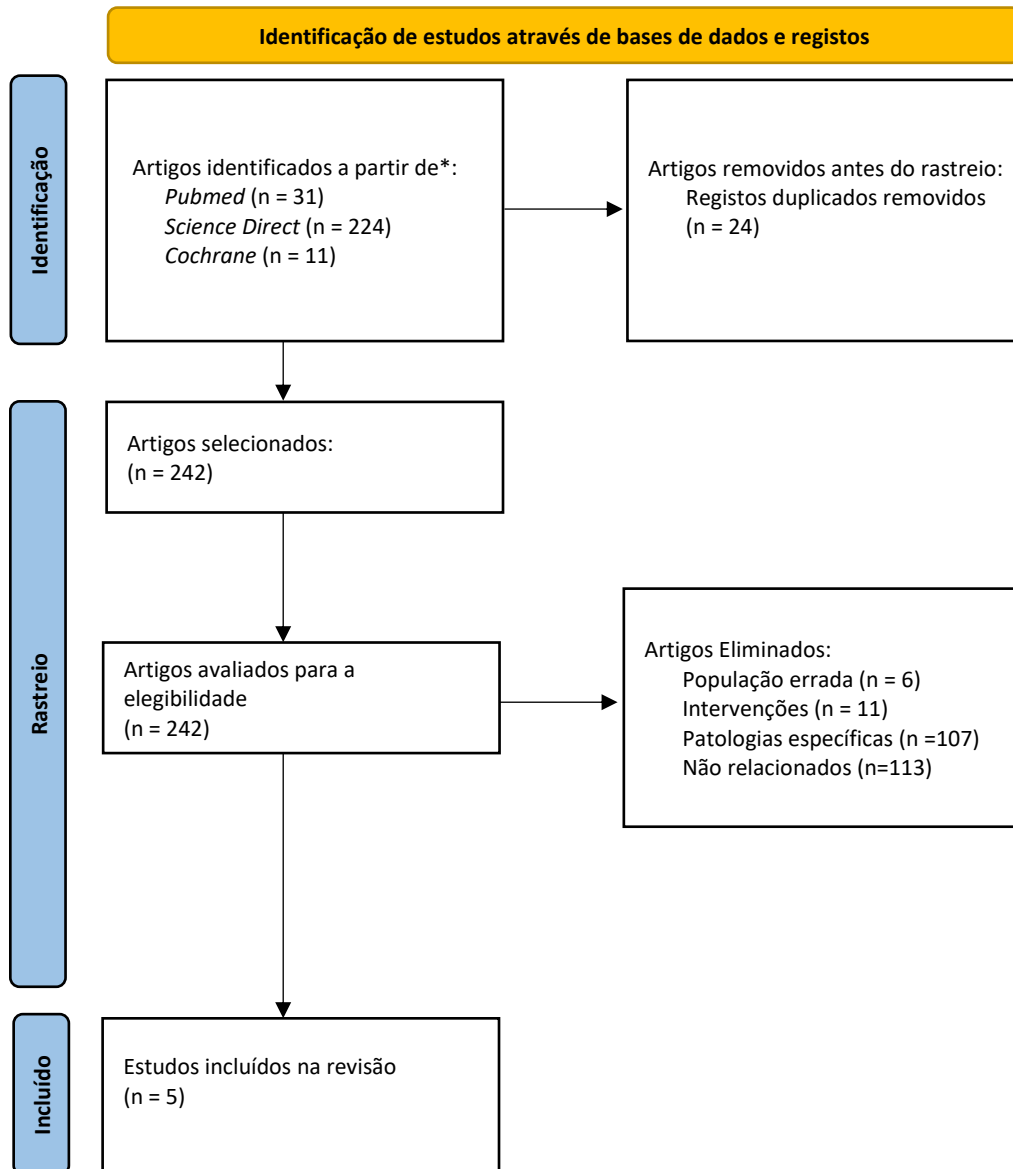


Figura 1. Diagrama de Prisma da revisão efetuada

Descrição dos estudos

Dos 5 estudos realizados, participaram um total de 187 indivíduos, 134 mulheres e 43 homens no total com uma média de idades de 25,06 anos. A maior amostra foi de 81 participantes e a menor de 15 participantes. O resumo do conteúdo dos artigos pode ser consultado na tabela 2. No estudo de Betsch et al. (2011), uma amostra de 51 participantes foi utilizada na qual 33 eram homens com uma média de idade de 27,9 anos e 18 mulheres com uma média de idades de 27 anos. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de diferentes posições dos pés na posição pélvica e na postura da coluna. Primeiramente foi feita a análise da postura da coluna vertebral e da posição da pélvis através de uma análise a três dimensões feita através do dispositivo *rasterstereographic formetric 4D* (Diers International). É incidida uma luz branca na região posterior do corpo e o dispositivo através das diferentes sombras que a concavidade da coluna vertebral tem, consegue capturar um modelo tridimensional da coluna. Já na pélvis as referências anatómicas seguidas são espinhas ilíacas póstero-superiores, é possível perceber a posição da pélvis pela orientação das EIPS na pele em relação à espinha ilíaca posterior. Foi contruída uma plataforma de suporte especialmente para avaliar as diferentes posições do pé. A altura e a inclinação da plataforma era controlada remotamente simulando as posições que o pé pode ter em situações distintas. Os pés foram colocados em 5 posições diferentes, a primeira foi a posição neutra, na segunda houve um aumento da margem interior (IM) colocando o pé numa posição inversora, aumento da margem exterior (OM) colocando o pé numa posição eversora, um aumento da altura do calcanhar (PH) colocando o pé em flexão plantar e diminuição da altura do calcanhar (NH) colocando o pé numa posição dorsiflexora.

No artigo de Kararti et al. (2020), a amostra era constituída por 25 indivíduos, 10 mulheres e 15 homens com uma média de 26.35 anos. O estudo tem como objetivo determinar se a distribuição da pressão plantar pode afetar a espessura do músculo multífido lombar (ML). Através da ecografia foi determinada a espessura do músculo multífido lombar. Para isto, os participantes tiveram de aprender a manobra de esvaziamento abdominal, que consiste em puxar para dentro e para cima o abdómen sem qualquer movimento excessivo nos músculos abdominais superficiais. Esta manobra ativa o músculo transverso abdominal e faculto a co-contracção do multífido lombar. O ML foi testado com o paciente em decúbito ventral com uma almofada debaixo do abdómen com o mesmo a realizar a manobra descrita. Para testar o ML de forma dinâmica, a posição de decúbito ventral foi novamente usada mas desta vez os participantes tinham de segurar um haltere contralateralmente nas mãos e, de seguida, levanta-lo 5 cm acima do nível da cama com 135° de abdução do ombro e 90° de flexão do cotovelo.

A imagem ecográfica foi conseguida posicionando o dispositivo entre a quarta e quinta vértebra lombar.

A análise da distribuição da pressão plantar dos participantes foi realizada usando o Sistema de digitalização de biometria digital e *software Milletrix* e uma plataforma de marcha. Para analisar a distribuição da pressão plantar estática, os indivíduos foram solicitados a ficar em pé na plataforma durante 60 segundos a olhar em frente para um ponto de referência numa posição confortável com os braços estendidos e laterais ao tronco. A superfície plantar do pé foi dividida em 9 diferentes zonas: Estas 9 zonas foram: as pressões máximas do ponto médio exato dos lados medial (1) e lateral (2) do calcanhar; as pressões máximas dos pontos médios dos 5 ossos do metatarso diferentes (3, 4, 5, 6, 7); o valor da pressão máxima do ponto médio da falange distal do hálux (8); e as pressões máximas médias do segundo, terceiro, quarto e quinto dedo do pé.

No estudo de Borges, Fernandes e Bertocello (2013), foi utilizada uma amostra de 15 indivíduos do sexo feminino com uma média de idades de 30,45 anos. O objetivo do estudo foi avaliar a provável relação entre o arco plantar, a curvatura lombar e a lombalgia. Para isso foi efetuado em primeiro lugar uma avaliação da postura por meio da biofotogrametria, tendo sido utilizada uma câmara digital, *DSC-W35 SONY® - CYBER-SHOT*, para adquirir dados. As fotos, que forneceram vistas laterais, frontais e posteriores, foram tiradas com os voluntários em fato de banho. Foram marcados pontos anatómicos específicos com bolas de poliéster expandido: glabella, trago, acrómio, processo espinhoso C7, sétima vértebra torácica (T7), primeira vértebra lombar (L1), espinha íliaca ântero-superior (EIAS), grande trocânter. O *software* da análise postural SAPO foi utilizado para analisar as fotografias, tendo sido medida a lordose lombar através do ângulo formado pelos pontos anatómicos de L1, EIAS e grande trocânter.

Posteriormente a avaliação do arco plantar foi feita através da fotopodoscopia, os voluntários foram posicionados em pé e descalços com ambos os pés em cima de um podoscópio. A imagem da pegada refletida no espelho do podoscópio foi capturada com a mesma câmara digital e as imagens foram analisadas no *software* SAPO. As medidas do pé foram feitas da seguinte forma: foram traçadas 3 linhas, duas transversais e uma vertical: a linha vertical representa a medida longitudinal do pé, uma linha reta que vai do ponto mais posterior do calcâneo até o dedo de maior comprimento; então metade do comprimento da linha reta foi calculada para localizar o ponto de referência para a medida do mediopé. A largura do antepé também foi medida do ponto mais lateral ao ponto mais medial, para posterior classificação do arco plantar. Os seguintes parâmetros foram usados para classificar o arco plantar:

1. Arco plantar alto: quando a largura da pegada do mediopé do indivíduo é menor que $1/3$ da medida do antepé.
2. Pé normal: quando a largura da pegada do mediopé do indivíduo corresponde a $1/3$ da largura da pegada do antepé.
3. Pé plano: quando a largura plantar do indivíduo está acima de $1/3$, apresentando achatamento da borda medial.

Para avaliar a dor, foi usada a escala visual analógica e o *software GraphPad Insat* foi usado para realizar a análise estatística.

No estudo Duval, Lam e Sanderson (2010), foi utilizada uma população de 15 indivíduos (5 homens e 10 mulheres) com uma média de idades de 25,4 anos. O objetivo deste estudo foi numa fase inicial investigar se a pronação do pé (medida como eversão do calcâneo) induzia uma inclinação anterior da pelve e aumentava o grau de lordose lombar. Em segundo lugar, o estudo investigou se a supinação do pé (medida como inversão do calcâneo) induzia uma inclinação pélvica posterior e uma diminuição da lordose lombar. Primeiramente para induzir eversão e inversão excessiva, os participantes colocaram os pés em duas plataformas paralelas. Uma dobradiça na borda interna da plataforma permitia que os pés fossem colocados a 5, 10 e 15 graus de eversão ou inversão e na posição neutra. De seguida, para ampliar os efeitos do movimento do calcâneo acima da articulação subtalar, os participantes também colocaram as pernas em rotação interna ou externa colocando os pés em duas plataformas giratórias permitindo controlar o angulo de rotação da perna, esta plataforma orientava os pé para 40, 20, 10, 5, 2.5 e 0 graus de rotação interna ou extena. As variáveis cinemáticas foram recolhidas usando 4 câmeras de captura de movimento (Optotrak 3020, Northern Digital Inc, Waterloo, ON), marcadores infravermelhos foram colocados bilateralmente na espinha íliaca superior anterior, espinha íliaca superior posterior, na região médio-superior da crista íliaca e grande trocânter. Corpos rígidos compostos por três marcadores foram colocados bilateralmente na região lateral da tibia e do fémur e outros três nos processos espinhosos das vértebras de L1, L4 e S2. As variáveis cinemáticas tridimensionais foram calculadas usando o *Visual3D* e os dados foram processados com rotinas personalizadas do *Matlab*. A pronação/supinação subtalar foi computadorizada como movimento do calcâneo no plano coronal. Dois marcadores foram anexados na região posterior da perna a uma distância de 8cm cada um formando uma linha que liga o joelho à articulação do tornozelo e 2 marcadores foram fixados a 3 cm de distância ao longo de uma linha que corta o calcâneo no pé.

Por fim, no artigo de Wozniacka et al. (2019), 81 mulheres com idades compreendidas entre os 20 e os 40 anos foram divididas em 3 grupos. O grupo 1 (n=38) era composto por mulheres

com um arco plantar normal. Grupo 2 (n=23) era composto por mulheres com um arco plantar assimétrico (um pé normal o outro com um arco plantar elevado). Grupo 3 (n=20) com ambos os pés com um arco plantar elevado. O objetivo deste estudo foi examinar o efeito que o arco plantar elevado dos pés (simétrico e assimétrico) tem na distribuição da pressão plantar e no alinhamento da cintura pélvica, coluna e ombro. Primeiramente foi avaliado o arco plantar em ambos os pés das participantes através do index do arco plantar. De seguida foi medida a distribuição da pressão plantar usando a plataforma baroresistiva *BTS P-WALK* que permite examinar a distribuição da pressão plantar do pé esquerdo e direito no antepé, mediopé e retropé respetivamente, os dados recolhidos foram analisados pelo *software da G-studio*. Por fim foi feita a avaliação da postura corporal utilizando o *sistema Zebris APGMS Pointer*, os dados recolhidos foram, por sua vez analisados pelo *software WinSpine*. Os pontos de referência do corpo foram: acrómio esquerdo e direito do ombro, espinha ilíaca superior posterior e anterior esquerda e direita e crista ilíaca, T12 e L1 e o ângulo inferior da escápula. Após serem definidos estes pontos, ainda foi feito o scan da crista da espinha de C7 a S3.

Tabela 2. Resumo dos estudos incluídos

Artigo	Objetivo do estudo	Amostra	Procedimento	Instrumentos de avaliação	Resultados
(Betsch et al. 2011)	Avaliar os efeitos das diferentes posições dos pés na posição pélvica e na postura da coluna	N = 51 indivíduos 33 sexo masculino 18 sexo feminino 27,9 e 27 média de idades respetivamente	Foi feita a análise da postura da coluna vertebral e da posição da pélvis através de uma análise a três dimensões. Já na pélvis as referências anatómicas seguidas são as EIPS, é possível perceber a posição da pélvis pela orientação das EIPS na pele em relação à espinha ilíaca posterior. Uma plataforma de suporte foi construída especialmente para avaliar as diferentes posições do pé.	Dispositivo <i>rasterstereographic formetric 4D</i> , plataforma de suporte.	Se a margem exterior for aumentada, podem ser observadas mudanças significativas ($P>0,05$) entre a posição neutra e cada um dos 3 degraus de altura diferentes. O aumento observado na inclinação pélvica é significativo quando a altura do calcanhar é elevada (PH) ou reduzida (NH), assim como entre a posição neutra e entre altura dos degraus ($P>0,05$).
(Borges, Fernandes e Bertonecello, 2013)	Avaliar a provável relação entre o arco plantar, a curvatura lombar e a lombalgia	N = 15 indivíduos Sexo feminino 30,45 média de idades	Avaliação da postura por meio da biofotogrametria, foi utilizada uma câmara digital, <i>DSC-W35 SONY® - CYBER-SHOT</i> . Pontos anatómicos específicos foram marcados com bolas de poliéster expandido. O software da análise postural da SAPO foi utilizado para analisar as fotografias. A avaliação do arco plantar foi feita através da fotopodoscopia, os voluntários foram posicionados em pé e descalços com ambos os pés em cima de um podoscópio Kroman. A imagem da pegada refletida no espelho do podoscópio foi capturada com a mesma câmara digital e as imagens foram analisadas no software SAPO. Para avaliar a dor foi usada a escala analógica da dor.	Câmara digital, <i>DSC-W35 SONY® - CYBER-SHOT</i> , software de análise postural (SAPO) e podoscópio	Maiores valores de EVA observados nos voluntários com arcos altos e retificação lombar (mínimo de 5 e máximo de 9), seguidos dos voluntários com pés chatos e hiperlordose com EVA (mínimo de 4 e máximo de 6). Na correlação entre o arco plantar e a angulação da coluna lombar, observou-se alta correlação [$(r)=0,71$] e essa correlação foi significativa ($p=0,0048$). A retificação lombar foi relacionada com um arco mais elevado do pé e a hiperlordose lombar com um pé mais chato.
(Duval, Lam e Sanderson, 2010)	Investigar se a pronação do pé (medida como eversão do calcâneo) induzia uma inclinação anterior da pelve e aumentava o grau de lordose lombar. Investigar se a supinação do pé (medida como inversão do calcâneo) induzia uma inclinação pélvica posterior e uma diminuição da lordose lombar.	N = 15 indivíduos 5 sexo masculino 10 sexo feminino 25,4 média de idades	Os participantes colocaram os pés em duas plataformas paralelas, uma dobradiça na borda interna da plataforma permite que os pés sejam colocados a 5, 10 e 15 graus de eversão ou inversão. também colocaram as pernas em rotação interna ou externa colocando os pés em duas plataformas giratórias permitindo controlar o angulo de rotação da perna, esta plataforma orientava os pé para 40, 20, 10, 5, 2,5 e 0 graus de rotação interna ou extena. As variáveis cinemáticas foram recolhidas usando 4 câmeras de captura de movimento, marcadores infravermelhos foram colocados bilateralmente em várias regiões do corpo. As variáveis cinemáticas tridimensionais foram calculadas usando o Visual3D e os dados foram processados com rotinas personalizadas do Matlab. Os dados foram analisados usando o software da SPSS.	<i>Optotrak 3020</i> , <i>Northern Digital Inc</i> , <i>Waterloo, ON</i> , plataformas paralelas, <i>Visual3D</i> , <i>Matlab</i> .	As correlações entre o ângulo subtalar e a rotação do joelho ($R = 0,69$, $p < 0,001$) e rotação da anca ($R = 0,80$, $p < 0,001$) foram estatisticamente significativas (R crítico $> 0,51$). A correlação entre o ângulo subtalar e a inclinação pélvica; ângulo subtalar e a lordose lombar; inclinação pélvica e lordose lombar, não foram estatisticamente significativas Não houve alterações na inclinação pélvica e na lordose lombar quando manipulada a posição de inversão/eversão dos pés.

(Kararti et al. 2020)	Determinar se a distribuição da pressão plantar pode afetar a espessura do músculo multifido lombar	N = 25 indivíduos 15 sexo masculino 10 sexo feminino 26,35 média de idades	Através da ecografia foi determinada a espessura do músculo multifido lombar. Para isto, os participantes tiveram de aprender a manobra do esvaziamento abdominal. Para teste o ML de forma dinâmica os participantes tinham de segurar um haltere contralateralmente nas mãos e, de seguida, levantar-lo 5 cm acima do nível da cama. A análise da distribuição da pressão plantar dos participantes foi realizada usando o Sistema de digitalização de biometria digital e software Milletrix e uma plataforma de marcha com sensores. Para analisar o DPP estática, os indivíduos foram solicitados a ficar em pé na plataforma durante 60 segundos.	Aplio 500; Toshiba, Nasu, Japan; Sistema de digitalização de biometria digital e software Milletrix, plataforma de marcha.	Na posição estática, houve correlação entre a espessura do músculo ML e o pico de pressão da região medial do calcanhar ($P = 0,007$) e o pico de pressão do primeiro metatarso ($P = 0,008$). Houve também uma correlação entre a espessura do músculo ML e o pico de pressão plantar da lateral do calcanhar ($P = 0,033$), e os picos de pressão do quarto metatarso ($P = 0,046$), quinto osso metatarsal ($P = 0,020$) e o hálux ($P = 0,017$) na posição estática. Nas posições dinâmicas, houve correlação entre a espessura do músculo LM e o pico de pressão do quarto metatarso ($P = 0,010$). Houve também uma correlação entre a espessura do músculo LM e o pico de pressão do calcanhar medial ($P = 0,036$), calcanhar lateral ($P = 0,021$) e pico de pressão do primeiro osso metatarsico ($P = 0,045$)
(Wozniacka et al. 2019)	Examinar o efeito que o arco plantar elevado dos pés (simétrico e assimétrico) tem na distribuição da pressão plantar e no alinhamento da cintura pélvica, coluna e ombro.	N = 81 indivíduos Sexo feminino Idade compreendida entre os 20 e os 40 anos Grupo 1: 38 indivíduos Grupo 2: 23 indivíduos Grupo 3: 20 indivíduos	Foi avaliado o arco plantar em ambos os pés das participantes através do index do arco plantar. De seguida foi medida a distribuição da pressão plantar usando a plataforma baroresistiva BTS P-WALK que permite examinar a distribuição da pressão plantar do pé esquerdo e direito no antepé, mediopé e retropé respetivamente, os dados recolhidos foram analisados pelo software da G-studio. Por fim foi feita a avaliação da postura corporal utilizando o sistema Zebris APGMS Pointer, os dados recolhidos foram, por sua vez analisados pelo software WinSpine.	Index do arco plantar, plataforma baroresistiva BTS P-WALK, software da G-studio, sistema Zebris APGMS Pointer, software WinSpine	No grupo 2, com arcos plantares assimétricos, o pé direito com um arco plantar normal realiza uma carga mais elevada comparado com o pé esquerdo com um maior arco plantar. Relativamente à distribuição da pressão plantar, o grupo 3 registou os maiores valores na carga do antepé e retropé, por fim, diferenças significativas na carga do mediopé foram observadas entre os grupos 1 e 3 e também entre 2 e 3. A diferença de altura do ombro foi significativamente maior no grupo 2 relativamente aos outros grupos. Em relação à curvatura da coluna, o maior valor de inclinação do tronco foi do grupo 1. Verificou-se que quanto maior carga no antepé menor a inclinação frontal do tronco.

Discussão

O objetivo desta revisão foi perceber de que forma a pressão plantar influencia a coluna vertebral, para isso, esta revisão centrou-se na análise de estudos que se focaram em estudar a relação das posições do pé, dos diferentes arcos plantares ou da pressão exercida pelo pé com a pélvis e toda a coluna espinal.

O pé é uma estrutura cujas funções são a distribuição de pressão plantar, suporte, equilíbrio, impulso, absorção de impacto, suporte de peso e ajuste da postura na posição de pé. Como desempenha um papel essencial na postura, pode ser responsável por causar desequilíbrios posturais, e também ajustar-se aos desequilíbrios originados nas estruturas que recobrem os pés (Schwab et al., 2016).

Tanto o estudo de Betsch et al. (2011) como Wozniacka et al. (2019) exploram o efeito que o pé tem na cintura pélvica e na coluna. Embora com populações semelhantes tanto no tamanho como na idade média da mesma, Wozniacka et al. (2019) utiliza uma população apenas do sexo feminino. A maior diferença entre os dois encontra-se no facto do Betsch et al. (2011) usar as diferentes posições do pé como variável enquanto que Wozniacka et al. (2019) utilizou a simetria do arco plantar. Nos resultados, verificamos que as diferentes posições do pé usadas no estudo: eversão, inversão, flexão plantar e dorsiflexão provocaram alterações na torção e inclinação da pélvis enquanto o arco plantar não parece ter qualquer influência significativa na posição da pélvis. Duval, Lam e Anderson (2010), também estudaram de que forma a pronação do pé (medida como eversão do calcâneo) induzia inclinação anterior da pelve e de que forma a supinação (medida como inversão do calcâneo) induzia inclinação posterior da pelve. Estes concluíram que a pélvis não sofreu qualquer alteração na sua inclinação quando manipulada a posição de eversão e inversão dos pés.

A diferença deste estudo em relação ao primeiro discutido está na metodologia e na população utilizada, o que pode explicar a discrepância de resultados, Duval, Lam e Anderson (2010) utilizaram uma amostra de apenas 15 indivíduos, enquanto que Betsch et al. (2011) e Wozniacka et al. (2019), utilizaram amostras com 51 e 81 indivíduos, respetivamente. Mais ainda, o estudo de Khamis et al. (2015) assim como o estudo de Dharmayat, Thakkar e Kolmule (2021) que exploravam a relação entre o pé e o alinhamento da pélvis na posição ortostática provaram que uma inclinação pélvica anterior ocorria simultaneamente com a eversão induzida do calcâneo o que suporta os resultados do estudo de Betsch et al. (2011).

Relativamente ao estudo de Borges, Fernandes e Bertoncello (2013), estes estudaram a relação entre o arco plantar, a curvatura lombar e a lombalgia. Assim como Wozniacka et al. (2019) que explorou o efeito do arco plantar na pélvis, como já vimos anteriormente, e na coluna.

Ambos utilizaram a baropodometria, mas recolheram os dados posturais de forma distinta, o primeiro recorreu a uma câmara digital e a marcadores anatómicos analisados pelo *software SAPO* e o segundo estudo recorreu a indicador ecográfico de forma a marcar pontos anatómicos específicos e analisou os mesmos no *software da WinSpine*. Os pontos anatómicos marcados eram similares com a exceção de que Wozniacka et al. (2019), fez marcações tanto no tronco superior como inferior enquanto Borges, Fernandes e Bertocello (2013) apenas realizaram marcações no tronco inferior. No que diz respeito à população, Borges, Fernandes e Bertocello (2013), recorreram a uma amostra bastante mais pequena de apenas 15 indivíduos de ambos os sexos, enquanto que Wozniacka et al (2019), como também já vimos anteriormente, utilizou uma amostra significativamente maior, mas menos diversa, de 85 indivíduos do sexo feminino. Os resultados diferem ligeiramente, o primeiro mostrou que a hiperlordose foi relacionada com um arco mais elevado do pé e a retificação lombar com um pé mais plano, o segundo concluiu que a hiperlordose era mais comum em pacientes com um arco plantar assimétrico. Por seu turno, Trovato et al. (2013) concluiu que um maior arco plantar leva a um aumento da lordose lombar e da lombalgia suportando o resultado dos estudos selecionados.

Relativamente à influência da pressão plantar no músculo multífido lombar, o estudo de Kararti et al. (2020), é o único até à data que relaciona a pressão plantar com o músculo multífido lombar (ML). Este demonstrou que o pico das pressões medial e lateral do calcanhar têm a maior influência na espessura neste músculo em posição estática. Além disso, os resultados do estudo demonstraram que o pico da pressão do calcanhar medial e quarto osso metatarsico têm maior influência sobre a espessura do músculo ML em posição dinâmica. Tanto nas medidas estáticas como nas dinâmicas, à medida que o pico de pressão na região medial do pé aumentou, houve redução da espessura do ML. O músculo multífido lombar é conhecido por desempenhar um papel importante na manutenção da estabilidade lombopélvica, reeducando a estabilidade ao contrariar a gravidade e contrabalançar as cargas sobre os membros inferiores durante os movimentos (Masaki et al., 2015).

Ainda assim, como limitações deste trabalho apontamos o facto de as amostras na maioria dos estudos serem pequenas o que reduz o poder do estudo e aumenta a margem de erro. Assim como, a falta de critérios de inclusão e exclusão das amostras em estudo dos artigos de Duval, Lam e Anderson (2010) e Wozniacka et al. (2019) diminui a qualidade dos protocolos de pesquisa uma vez que certas variáveis, como o excesso de peso, ou a presença de lesões podem afetar o *outcome* das avaliações realizadas. Também, todos os artigos incluídos foram observacionais transversais não sendo possível analisar os efeitos a longo prazo da pressão plantar na coluna vertebral.

Após a análise dos diferentes estudos, podemos concluir que todas as alterações fisiológicas do pé (pé pronado, pé supinado, pé cavo ou pé plano) e a forma como este está posicionado quando em contacto com o solo, podem ter um impacto danoso na pélvis e na coluna vertebral. Um contacto imperfeito do pé com o solo pode ter um efeito dominó negativo, a força de reação do solo obriga o corpo a compensar o desequilíbrio criado com os joelhos fazendo com que estes fiquem com o seu alinhamento normal alterado, por sua vez, esta anomalia modifica o ângulo articular da pélvis o que por consequência destabiliza a coluna vertebral.

Segundo um estudo de Gijon-Nogueron et al. (2019), cerca de 30% de crianças entre os 3 e os 15 anos têm o pé plano e 3,9% têm alta pronação do pé. Isto indica-nos que as patologias e mal formações do pé estão bem presentes em gerações futuras, perspectiva-se portanto, que o mau alinhamento postural e as patologias pélvicas e da coluna vertebral tenham a tendência de ser manter ou até aumentar. Visto que patologias da coluna como a dor lombar que é umas das dores mais incapacitantes e com maior prevalência em países desenvolvidos (Hoy et al., 2014), estão bem presentes na sociedade, a deteção e tratamento precoce de alterações do pé é vital para prevenir o aparecimento deste tipo de patologia.

Conclusão

Em suma, acabamos por demonstrar que as alterações mais comuns do pé como pé plano, pé cavo, pé pronado ou pé supinado parecem ter influência direta na pressão plantar o que por sua vez vai interferir com a coluna vertebral, seja no aumento da torção e inclinação da pélvis ou seja como alterações da curvatura na mesma, exacerbando ou diminuindo a lordose e a cifose. Concluimos ainda que qualquer alteração do pé pode ser prejudicial aos tecidos do corpo. O facto de pequenos aumentos no arco longitudinal e transversal do pé serem muito comuns, estes devem ser considerados como um defeito do pé, e exercícios corretivos apropriados devem ser usados para evitar sobrecarga e alterações na postura corporal. Consideramos assim que o alinhamento do pé poderá ser considerado como um fator contribuinte no diagnóstico de disfunções musculoesqueléticas nos membros inferiores, pelvis e coluna.

Bibliografia

- Aenumulapalli, A., Kulkarni, M. M., & Gandotra, A. R. (2017). Prevalence of Flexible Flat Foot in Adults: A Cross-sectional Study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(6), 17–20.
- Betsch, M., Schnependahl, J., Dor, L., Jungbluth, P., Grassmann, P., Windolf, J., Thelen, S., Hakimi, M., Rapp, W. and Wild, M. (2011). Influence of foot positions on the spine and pelvis. *Arthritis Care Res.* 63, 1758-1765.
- Borges, C., Fernandes, F., e Bertoncello, D. (2013). Relationship between lumbar changes and modifications in the plantar arch in women with low back pain. *Acta ortopedica brasileira*, 21(3), 135–138.
- Dharmayat, S., Thakkar, P. e Kolmule, S. (2021). Association of foot posture with lumbar lordosis angle in teachers. *Indian J Phys Ther Res.* 3, 46-50
- Duval, K., Lam, T. e Sanderson, D. (2010). The mechanical relationship between the rearfoot, pelvis and low-back. *Gait & Posture.* 32. 637–640.
- Eriksen, B. e Frandsen, F. (2018). The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search strategy tool on literature search quality: a systematic review. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 106(4), 420–431.
- Ficke, J. e Byerly, W. (2022). *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot.* StatPearls Publishing.
- French, D., Campbell, R., Sabharwal, S., Nelson, L., Palacios, A. e Gavin-Dreschnack, D. (2007). Health care costs for patients with chronic spinal cord injury in the Veterans Health Administration. *The journal of spinal cord medicine*, 30(5), 477–481.
- Frost, A., Camarero-Espinosa, S., e Foster, J. (2019). Materials for the Spine: Anatomy, Problems, and Solutions. *Materials.* 12(2), 253.
- Gijon-Nogueron, G., Martinez-Nova, A., Alfageme-Garcia, P., Montes-Alguacil, J. e Evans, M. (2019). International normative data for pediatric foot posture assessment: a cross-sectional investigation. *BMJ Open.* 9(4).
- Hoy, D., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Bain, C. et al. (2014). The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 73(6), 968-974
- Hylton, B., Dufour, A., Jody L., Howard J. e Marian T. (2013). Foot posture, foot function and low back pain: the Framingham Foot Study. *Rheumatology*, 52(12), 2275–2282.
- Kararti, C., Bilgin, S., Dadali, Y., Buyukturam, B., Buyukturam, O., Ozsoy, I. e Bek, N. (2020). Does Plantar Pressure Distribution Influence the Lumbar Multifidus Muscle Thickness in Asymptomatic Individuals? A Preliminary Study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics.* 43(9), 909-921.
- Khamis, S., Dar, G., Peretz, C., e Yizhar, Z. (2015). The Relationship Between Foot and Pelvic Alignment While Standing. *Journal of human kinetics*, 46, 85–97.
- Masaki, M., Tateuchi, H., Tsukagoshi, R., Ibuki, S. e Ichihashi, N. (2015). Electromyographic Analysis of Training to Selectively Strengthen the Lumbar Multifidus Muscle: Effects of Different Lifting Directions and Weight Loading of the Extremities During Quadruped Upper and Lower Extremity Lifts, *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 38(2), 138-144.
- Schwab, F., Lafage, V., Boyce, R., Skalli, W. e Farcy, J. (2016). Age-Related Correlation with Spinal Parameters, Pelvic Parameters and Foot Position. *SPINE.* 31(25), 959-967.
- Seaman J. e Ball, A. (2022). *Pes Cavus.* StatPearls Publishing.
- Page, J., McKenzie, E., Bossuyt, M., Boutron, I., Hoffmann, C., Mulrow, D., et al. (2020). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.
- Trovato, M., Roggio, F., Szychlinska, A., Borzì, F. e Musumeci, G. (2016). Clinical Kinesiology and Posturology Applied to a Group of Italian Students. A Morphological Observational Study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* 1(1), 16-29.
- Wang, T., Chen, C., e Lin, S. (2020). Effects of Artificial Texture Insoles and Foot Arches on Improving Arch Collapse in Flat Feet. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(13), 3667.
- Woźniacka, R., Oleksy, Ł. e Jankowicz-Szymańska, A. The association between high-arched feet, plantar pressure distribution and body posture in young women. *Sci Rep*, 9, 17187.